



|  
Enseigner TRIZ à l'école!

## TRIZ

### Théorie de Résolution de Problèmes Inventifs

**Renforcez vos compétences en résolution de problèmes**



Education and Culture DG

Lifelong Learning Programme



**Directeur éditoriale:**

Gaetano Cascini (University of Florence, Italie)

**Auteurs:**

Gaetano Cascini (University of Florence, Italie), Francesco Saverio Frillici (University of Florence, Italie), Jurgen Jangtschi (Fachhochschule Kärnten, Autriche), Igor Kaikov (EIfER, Allemagne), Nikolai Khomenko (TRIZ Master certified by G.S. Altschuller), Ingrida Murashkovska (Jelgava Adult Education Centre)

**Mise en page:**

Fabio Tomasi (AREA Science Park)

**Maquette de couverture et icônes:**

Harry Flosser (Harry Flosser Studios)

**Édition:**

FR 1.1 – Octobre 2009

Rendez-vous sur la page web du projet TETRIS [www.tretris-project.org](http://www.tretris-project.org) pour les versions actualisées.

**Mentions de copyright:**

Ce livre a été développé dans le cadre du projet TETRIS financé par la Commission Européenne – Programme Léonardo da Vinci.

Les partenaires du projet sont :

AREA Science Park (Italie) [www.area.trieste.it](http://www.area.trieste.it)

ACC Austria GmbH (Autriche) [www.the-acc-group.com](http://www.the-acc-group.com)

European Institute for Energy Research – EifER (Allemagne) [www.eifer.uni-karlsruhe.de](http://www.eifer.uni-karlsruhe.de)

Fachhochschule Kärnten (Autriche) [www.fh-kaernten.at](http://www.fh-kaernten.at)

Harry Flosser Studios (Allemagne) [www.harryflosser.com](http://www.harryflosser.com)

Higher Technical College Wolfsberg (Autriche) [www.htl-wolfsberg.at/joomla/](http://www.htl-wolfsberg.at/joomla/)

Jelgava 1. Gymnasium (Lettonie) [www.1gim.jelgava.lv](http://www.1gim.jelgava.lv)

Siemens AG, Sector Industry, Industrial Automation and Drive Technology (Allemagne) [www.siemens.com](http://www.siemens.com)

STENUM Environmental Consultancy and Research Company Ltd (Autriche) [www.stenum.at](http://www.stenum.at)

Technical Institute for Industry “Arturo Malignani” (Italie) [www.malignani.ud.it](http://www.malignani.ud.it)

The educational centre for adults of Jelgava (Lettonie) [www.jrpic.lv](http://www.jrpic.lv)

University of Florence (Italie) [www.dmti.unifi.it](http://www.dmti.unifi.it)

Ce livre peut également être librement traduit dans d'autres langues. Les traducteurs sont tenus de mentionner les présentes mentions de copyright et d'envoyer le texte traduit au coordinateur du projet qui le publiera sur le site internet du projet TETRIS afin de permettre sa libre distribution.

Ce livre peut être librement copié et distribué à condition d'inclure les présentes mentions de copyright, y compris en cas d'utilisation partielle. Les enseignants, formateurs et tous les autres utilisateurs sont tenus de mentionner les auteurs, le projet TETRIS et le Programme d'Éducation et de Formation tout au long de la vie.

**Clause de non responsabilité:**

Ce projet a été financé avec le soutien de la Commission européenne.

Cette publication n'engage que son auteur et la Commission n'est pas responsable de l'usage qui pourrait être fait des informations qui y sont contenues.

## Légende des symboles :

Les symboles suivants vous aideront à trouver rapidement l'information pertinente que vous recherchez dans le manuel



**Définition ou concept-clé**



**Exemple / Étude de cas**



**Instrument / Outils**



**Auto-évaluation / Exercices**



**Corrigés des auto-évaluations / des exercices**



**Bibliographie**



**Glossaire**



**Liens vers d'autres chapitres du manuel**

Voir également:  
Principes Inventifs  
2.2.3



**Essential concepts**

## Index

<b>1 Introduction aux fondements de TRIZ classique</b>	1
1.0 Pourquoi avons-nous besoin de connaître les fondements des théories appliquées ?	1
1.0.1 La notion de création est similaire à la notion d'Horizon	2
1.1 Introduction pour les enseignants et les entreprises	5
1.2 Introduction à TETRIS pour les étudiants	11
1.3 TETRIS Glossaire TRIZ-OTSM : Solution	17
1.3.1 Problème	17
1.3.1.1 Problème Typique	17
1.3.1.2 Problème Non Typique (voir : Situation (Problématique) Innovante)	17
1.3.1.3 Situation Innovante (Problème, Inventif)	17
1.3.2 Solution	18
1.3.2.1 Solution Typique	18
1.3.2.2 Solution Non Typique	18
1.3.2.3 Ligne de Solution	18
1.3.3 Modèles pour la représentation des Éléments de Situations Innovantes (Problématiques)	22
1.3.3.1 Modèle ENV	22
1.3.3.2 Élément (composant)	26
1.3.3.3 Paramètre (variable, synonymes : propriété, caractéristique, etc.)	26
1.3.3.4 Valeur	27
1.3.3.5 Opérateur Système (le Schéma multi-écrans de la Pensée Avancée)	27
1.3.3.6 Modèles TRIZ-OTSM du processus de résolution de problème	29
1.3.3.7 Modèle “Entonnoir” du processus de résolution de problème avec TRIZ	29
1.3.3.8 Modèle « Tongs » de TRIZ-OTSM Moderne	30
1.3.3.9 Modèle « Montagne » de TRIZ Classique	31
1.3.3.10 Modèle « Contradiction »	32
<b>2 Lois d’Évolution des Systèmes Techniques</b>	35
2.0 Introduction	35
2.0.1 Le rôle des lois dans TRIZ	36
2.0.1.1 Les lois dans le domaine des sciences	36
2.0.1.2 Lois dans TRIZ	36
2.0.1.3 Les caractéristiques des lois de développement du système technique aux différentes étapes du système de développement	37
2.0.1.4 La définition des lois de développement de systèmes techniques dans le présent manuel	37

2.1: La loi de l'intégralité des parties du système	38
2.1.1. Définition	38
2.1.2. Théorie	38
2.1.3. Modèle	40
2.1.4. Outils (comment les utiliser)	41
2.1.4.1. Comment déterminer correctement la fonction du système technique	41
2.1.4.2. Comment déterminer correctement les parties d'un système technique	43
2.1.4.3. Comment estimer la capacité de travail des parties du système technique	46
2.1.4.4. Comment estimer l'opération des parties du système technique	46
2.1.5. Exemple (Problème-Solution)	46
2.1.6. Auto-évaluation	48
2.1.7. Références	48
2.2 : La loi de la continuité énergétique d'un système	49
2.2.1. Définition	49
2.2.2. Théorie	49
2.2.3. Modèle	50
2.2.3.1 Le schéma à quatre éléments	50
2.2.3.2 Exemple	51
2.2.3.3. Conductibilité électrique du modèle à quatre éléments	52
2.2.3.4. Exemple	53
2.2.4 Instruments (comment utiliser)	56
2.2.5. Exemple (Problème-Solution)	57
2.2.6 Auto-évaluation (Questions, tâches)	58
2.2.7. Références	60
2.3: La loi de l'harmonisation du rythme des parties du système	61
2.3.1. Définition	61
2.3.2. Théorie (Détails)	61
2.3.3. Modèle	62
2.3.4. Instruments - Outils (comment utiliser)	63
2.3.5. Exemple (Problème-Solution)	65
2.3.6. Auto-évaluation (Questions, tâches)	68
2.3.7. Références	69
2.4 : La loi de l'augmentation du niveau d'idéalité du système	70
2.4.1. Définition	70
2.4.2. Théorie (Détails)	70
2.4.3. Modèle	73
2.4.4. Instruments - Outils (comment utiliser)	73
2.4.5. Exemples	74
2.4.6. Auto-évaluation (Questions, tâches)	77
2.4.7. Références	78
2.5 La loi du développement inégal des parties d'un système	79
2.5.1. Définition	80
2.5.2. Théorie (Détails)	80
2.5.3. Modèle -Courbe en S	81
2.5.4. Instruments - Outils (comment utiliser)	83
2.5.4.1. Les lois de développement et leurs outils	83

2.5.4.2. Courbe en S	83
2.5.4.3. Construction d'un réseau de problèmes et analyse de sa structure	83
2.5.5. Exemple	83
2.5.6. Auto-évaluation (Questions, tâches)	84
2.5.7. Références	85
2.6 La loi de la transition vers un super-système	86
2.6.1. Définition	86
2.6.2. Théorie (Détails)	86
2.6.3. Modèle	86
2.6.4. Instruments - Outils (comment utiliser)	87
2.6.5. Exemples	88
2.6.6. Auto-évaluation (Questions, tâches)	91
2.6.7. Références	91
2.7 La loi de la transition du macro-niveau au micro-niveau	92
2.7.1. Définition	92
2.7.2. Théorie (Détails)	93
2.7.3. Modèle	93
2.7.4. Instruments - Outils (comment utiliser)	94
2.7.5. Exemples	95
2.7.6. Auto-évaluation (Questions, tâches)	96
2.7.7. Références	97
2.8 : La loi de l'augmentation de l'implication de Su-field	98
2.8.1. Définition	99
2.8.2. Théorie (Détails)	99
2.8.3 Modèle	99
2.8.4. Instruments - Outils (comment utiliser)	100
2.8.5. Exemple	100
2.8.6. Auto-évaluation (Questions, tâches)	104
2.8.7. Références	104
<b>3 Rapide Examen de l'Algorithme de Résolution de Problèmes Inventifs (ARIZ) d'Altshuller Illustré par l'Analyse d'un Problème Réel.</b>	<b>105</b>
3.0 Création et développement d'ARIZ	105
3.0.1 Résolution d'un problème: un bref examen des principales étapes du travail avec ARIZ.	107
3.1 La Première Étape : construire un modèle de problème et utiliser des solutions inventives standard	109
3.1.1 Solutions inventives	109
3.1.2 La Deuxième Étape : analyser les ressources disponibles	110
3.1.3 La Troisième Étape : construire une idée de solution satisfaisante en analysant les RFI et les Contradictions Physiques liées aux ressources spécifiques	110
3.1.4 La Quatrième Étape : mobiliser les ressources	110
3.1.5 La Cinquième Étape: utiliser la connaissance accumulée dans TRIZ	111
3.1.6 La Sixième Étape : modifier et/ou corriger la description du problème initial	111
3.1.7 La Septième Étape : évaluer les solutions obtenues	111

3.1.8 La Huitième Étape : élargir la portée de l'application et standardiser une solution créative	111
3.1.9 La Neuvième Étape : réflexion sur le travail réalisé	111
3.2 Rapide Examen de l'Algorithme de Résolution de Problèmes Inventifs (ARIZ) d'Altshuller Illustré par l'Analyse d'un Problème Réel.	113
3.2.1 Partie 1 : Analyser le problème et créer un modèle	114
3.2.2 Partie 2 : Analyser un modèle de problème	127
3.2.3 Partie 3 : Déterminer le résultat final idéal (RFI) et les contradictions physiques qui entravent l'obtention du RFI.	134
<b>4 Analyse Su-field et solutions standard</b>	145
4.1 Analyse Su-field et solutions standard: notions et règles de base	145
4.1.1 Eléments d'un système technique minimal	148
4.1.1.1 Types de champs et symboles correspondants	149
4.1.1.2 Types d'interactions et symboles correspondants	152
4.1.2 Modèle d'un système technique minimal	157
4.1.2.1 Représentation graphique d'un modèle Su-field	158
4.2 - Solutions standard	161
4.2.1 - Structure d'une solution standard	163
4.2.1.1 - Transformation d'un système Su-field	166
4.2.2 - Classification des solutions standard	170
Classe 1 : Améliorer les interactions et éliminer les effets néfastes	172
Classe 1.1 : Synthèse et amélioration d'un su-field	172
Standard 1-1-1: Synthèse d'un système substances-champ	173
Standard 1-1-2 : Améliorer les interactions en ajoutant des additifs aux objets	176
Standard 1-1-3 : Améliorer les interactions en introduisant des additifs dans un système	179
Standard 1-1-4 : Utilisation de l'environnement pour améliorer les interactions	182
Standard 1-1-5 : Modification de l'environnement pour améliorer les interactions	185
Standard 1-1-6 : Fournir l'action minimale d'une action	188
Standard 1-1-7 : Fournir l'effet maximal d'une action	191
Standard 1-1-8 : Fournir un effet sélectif	193
Standard 1-1-8-1 : Fournir un effet sélectif avec un champ maximal et une substance protectrice	194
Standard 1-1-8-2 : Fournir un effet sélectif avec un champ minimal et une substance active	197
Class 1.2 : Élimination d'une interaction néfaste	200
Standard 1-2-1 : Élimination d'une interaction néfaste par une substance étrangère	201
Standard 1-2-2 : Élimination d'une interaction néfaste en modifiant une substance existante	203
Standard 1-2-3 : Élimination de l'effet néfaste d'un champ	206
Standard 1-2-4 : Élimination d'un effet néfaste par un nouveau champ	208
Standard 2-1-1 : Synthèse d'un système Su-Field en chaîne	211
Standard 2-1-2 : Synthèse d'un système Su-Field dual	214
Standard 2-2-2 : Augmenter le degré de fragmentation des composants de la substance	217

Standard 2-2-3 : Transition vers des objets capillaires poreux	219
Standard 2-2-4 : Augmenter le degré de la dynamique du système	221
Standard 3-1-1 : Formation de bi- et poly-systèmes	224
Standard 3-1-2 : Développer des liens dans des bi- et poly- systèmes	226
Standard 3-1-3 : Augmenter la différence entre les composants d'un système	227
Standard 3-1-4 : Intégration de plusieurs composants dans un composant unique	228
Standard 3-1-5 : Répartir des propriétés incompatibles entre le système et ses parties	230
Standard 3-2-1 : Transition vers un micro-niveau	232
Standard 5-1-1-1 : Introduire des substances dans un système avec des conditions restreintes	233
<b>5.Tехники pour Résoudre des Contradictions/Ressources/Effets</b>	<b>235</b>
<b>5.1 – Définition des Contradictions</b>	<b>235</b>
<b>5.1.1– Types de Contradictions</b>	<b>235</b>
5.1.1.1 – Contradiction Administrative	236
5.1.1.2 – Contradiction Technique	237
5.1.1.3 – Contradiction Physique	237
5.1.1.4 – TRIZ & Les Contradictions Techniques & Physiques	238
5.1.1.5 Le modèle OTSM d'une contradiction	239
<b>5.2. – Techniques de Résolution de Contradictions Techniques</b>	<b>242</b>
<b>5.2.1 – Le 40 Principes Inventifs</b>	<b>242</b>
5.2.1.1 – Utilisation des Principes Inventifs	245
<b>5.2.2 – La Matrice d'Altshuller / Matrice de contradiction</b>	<b>247</b>
5.2.2.1 – La Conception de la Matrice d'Altshuller	247
5.2.2.2 – Les 39 Paramètres Techniques	248
5.2.2.3 – Utilisation de la Matrice d'Altshuller	249
<b>5.3. Techniques pour Résoudre les Contradictions Physiques</b>	<b>255</b>
<b>5.3.1 – Les Quatre Principes de Séparation</b>	<b>255</b>
5.3.1.1 – Séparation dans le Temps	257
5.3.1.2 – Séparation dans l'Espace	259
5.3.1.3 – Séparation de la Condition / Relation	261
5.3.1.4 – Séparation du Niveau du Système / par la Transition vers un Sous- ou un Super-Système	262
<b>5.3.2 – Satisfaction (Effets) &amp; Contournement (Nouvelle Conception)</b>	<b>263</b>
<b>5.4. Effets</b>	<b>264</b>
<b>5.5. Ressources Substance-Champ</b>	<b>267</b>
<b>5.6 Annexes</b>	<b>269</b>
<b>5.6.1 Les 40 Principes Inventifs</b>	<b>269</b>
<b>5.6.2 Les 39 Paramètres Techniques</b>	<b>273</b>
<b>5.6.3. La Matrice d'Altshuller</b>	<b>276</b>
<b>5.6.4 Effects</b>	<b>278</b>
<b>5.6.5 Substance-and-Field Resources</b>	<b>283</b>
<b>5.6.6 Glossary: Contradictions / Effects / Resources</b>	<b>284</b>
<b>5.6.7 References - Contradictions / Effects / Resources</b>	<b>285</b>

# COMMENT UTILISER LE MANUEL DE TETRIS

## POINT DE DÉPART

Ce manuel est l'un des résultats du Projet TETRIS, une initiative du Programme Européen d'Éducation et de Formation tout au long de la vie, dont l'objectif est :

- d'identifier, pour différents pays européens, les besoins éducatifs des écoles secondaires supérieures, des universités et des industries intéressées par l'introduction de TRIZ dans leur programme éducatif / offre de formation ;
- d'encourager les étudiants des écoles secondaires à étudier les méthodes et les outils permettant d'accroître leur créativité et de les soutenir dans leur recherche de solutions à l'aide de moyens systématiques ;
- de définir un modèle éducatif adapté permettant d'aborder les demandes hétérogènes de l'enseignement de TRIZ ;
- de produire et de valider un matériel éducatif adaptable aux nombreuses situations hétérogènes.

La structure de ce manuel a été conçue de manière à garantir une adaptabilité maximale aux exigences hétérogènes des étudiants en TRIZ : une partie sélectionnée du Corps de Connaissances de TRIZ Classique a été divisée en points indépendants, qui peuvent ensuite être assemblés selon les besoins et les contextes spécifiques des enseignants, étudiants, profanes et praticiens.

Les lecteurs pourront ainsi sélectionner différents sous-ensembles des chapitres et paragraphes décrits ci-dessous :

Le volume complet est divisé en 5 chapitres principaux portant sur les sujets suivants :

1. Introduction(s)
2. Lois d'Évolution des Systèmes Techniques
3. Algorithme de Résolution de Problèmes Inventifs
4. Analyse Su-Field et Systèmes de Standards Inventifs
5. Outils et Principes de Résolution de Contradictions

En outre, le manuel s'accompagne d'une annexe comprenant une série de problèmes inventifs avec leurs solutions et 5 animations.

## Structure des chapitres

Chaque chapitre porte sur un sujet spécifique, tel que détaillé ci-dessous. Les chapitres sont divisés en paragraphes traitant de sous-sujets présentant un niveau de détail croissant de manière que les personnes qui souhaitent uniquement obtenir un aperçu du Corps de Connaissances de TRIZ peuvent se contenter de lire les premières sections de chaque chapitre mises en relief par une barre rouge sur le côté de la page.

À l'inverse, ceux qui souhaitent approfondir jusqu'à un sujet spécifique peuvent étudier le chapitre correspondant sans se soucier du reste du manuel.

Quel que soit le niveau de détail, le paragraphe correspondant présente les sous-sections suivantes :

- Définition : rapide définition du sujet sélectionné (S).
- Théorie : aspects théorique concernant S.
- Modèle : modèle conceptuel et représentation graphique de S.
- Méthode/Outil : instructions opérationnelles sur la manière d'utiliser / de mettre en œuvre S.

- Exemple : exemple d'application de S.
- Auto-évaluation : exercices destinés à évaluer le niveau de compréhension de S du lecteur.
- Références : autres publications concernant S.

## **Titres des chapitres du manuel et thématiques associées**

### Chapitre 1 : Introduction(s)

- Le premier paragraphe est une introduction destinée aux enseignants et lecteurs adultes de TRIZ visant à expliquer le raisonnement et les bénéfices attendus de TRIZ.
- Le deuxième paragraphe est une introduction pour les étudiants, et tente d'encourager les jeunes lecteurs à étudier TRIZ.
- Le troisième paragraphe introduit certains concepts de référence aidant à la compréhension des chapitres suivants.

### Chapitre 2 : Lois d'Évolution des Systèmes Techniques

- L'observation de l'histoire des systèmes techniques a démontré que tout objet fabriqué par l'Homme évolue selon des modèles reproductibles, et ce malgré le but spécifique de telles transformations. En d'autres termes : les Systèmes Techniques évoluent en fonction de lois objectives indépendantes du champ d'application ou de la fonction que le système technique est supposé offrir. Ces lois régissent le développement des systèmes techniques tout comme les lois naturelles régissent le développement des systèmes biologiques. Les connaissances en génétique permettent de prévoir les caractéristiques d'un organisme vivant. De la même manière, les Lois d'Évolution des Systèmes Techniques permettent d'anticiper les développements futurs des systèmes techniques.
- Le Second Chapitre décrit les 8 Lois générales d'Évolution des Systèmes Techniques pouvant être utilisées pour analyser le degré de maturité d'un système technique donné et/ou pour orienter le développement de solutions inventives grâce à une approche efficace ciblée.

### Chapitre 3 : Algorithme de Résolution de Problèmes Inventifs

- L'évolution du système implique la résolution de contradictions, c'est-à-dire de conflits entre un système et son environnement ou entre les différents éléments constituant le système. D'après la recherche TRIZ, les solutions inventives apportant une contribution majeure au développement d'un système technique n'autorisent pas de compromis entre des exigences opposées. C'est pourquoi, surmonter les contradictions est un moteur de l'évolution technologique et l'évolution de ces contradictions est le premier pas de tout processus d'invention.
- Le troisième Chapitre présente aux lecteurs l'approche TRIZ pour l'analyse et la reformulation d'un problème en utilisant des paires de paramètres conflictuels (en langage TRIZ, des contradictions). L'algorithme, qui présente une structure étape-par-étape, intègre la logique TRIZ, et sa pratique permet d'accroître ses compétences individuelles en résolution de problèmes.

## Chapitre 4 : Analyse Su-Field et Système de Standards Inventifs

- Les Solutions Inventives Standard (parfois appelées les Standards) sont un système de 76 modèles de synthèses et de transformations de systèmes techniques obéissant aux Lois d'Évolution des Systèmes Techniques. Avec la base de données des Effets Scientifiques et des Principes Inventifs, elles constituent la Base de Connaissances de TRIZ Classique.
- Le quatrième Chapitre offre une approche approfondie de la modélisation Substance-Champ, qui est l'outil standard de TRIZ pour la modélisation de situations problématiques. Une sélection de Solutions Inventives Standard est ensuite présentée, visant à constituer une liste de référence de techniques de résolution.

## Chapitre 5 : Outils et Principes pour la résolution de contradictions

- Tout problème inventif devrait être analysé selon la logique ARIZ. Puis, une fois les contradictions physiques sous-jacentes identifiées et la solution idéale définie, un nouveau concept peut être généré à l'aide des principes de séparation.
- Le cinquième Chapitre décrit les principes TRIZ qui offrent des pistes pour surmonter les contradictions d'un problème modélisé selon la logique ARIZ.

## Annexe : Série d'exemples

- L'annexe contient une série de problèmes « inventifs » exemplaires avec une description étape-par-étape détaillée du processus de résolution jusqu'à la génération d'une solution possible.

## **Contenu des animations**

Le support éducatif TETRIS comprend également une série de cinq animations pouvant être utilisées afin de susciter l'intérêt pour TRIZ et d'illustrer les explications sur les principaux modèles de TRIZ (les enseignants peuvent arrêter les animations sur l'image appropriée s'ils souhaitent décrire plus en détail les concepts illustrés par les petites histoires). Le contenu des animations est brièvement décrit ci-dessous :

### Animation 1 : Histoire de TRIZ

- L'histoire courte fait découvrir les origines de TRIZ en tant que théorie développée grâce à une intense activité expérimentale (fig. 1), à l'instar de toute autre science bien établie.
- Cette animation introduit également l'idée de l'existence de Lois décrivant l'évolution de Systèmes Techniques.



Fig. 1: Animation 1 – Histoire de TRIZ

# tETTRIS

## Animations 2-4 : Nina à l'école/à l'université/au travail

- Ces histoires mettent en scène Nina dans différentes situations. Leur objectif est de montrer comment une approche systématique de la résolution de problème peut contribuer à la génération de solutions efficaces dans tous types de situations, aussi bien dans le cadre de la vie privée, que du travail / de l'école. Les trois problèmes proposés dans ces animations sont abordés par le biais des mêmes principes inventifs afin de démontrer qu'un même modèle de solution peut être appliqué efficacement à une multitude de situations problématiques.
- Ces animations constituent également un support pratique pouvant être utilisé par les enseignants pour introduire certaines notions fondamentales de TRIZ (voir détails ci-dessous).
- L'Animation 2 présente le concept de contradiction (fig. 2) et l'importance de rejeter toute solution de compromis en formulant un Résultat le Plus Désiré.
- L'Animation 2 introduit également le modèle Tongs (fig.3) : pour identifier les contradictions sous-jacentes, il est nécessaire de comparer le résultat le plus désiré avec les ressources disponibles au moment de la résolution. TRIZ nous apprend que l'identification de contradictions est une étape importante pour la génération de solutions inventives.

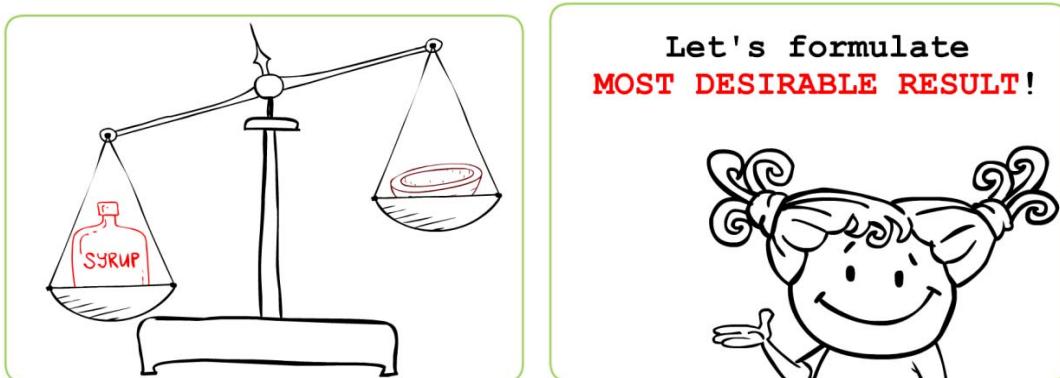


Fig. 2 : Animation 2 – Le concept de la contradiction et la formulation du Résultat le Plus Désiré

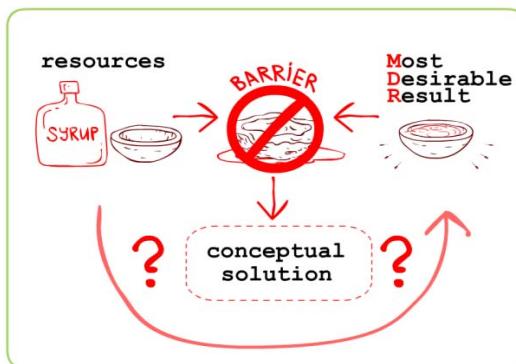


Fig. 3 : Animation 2 – Le modèle Tongs : une comparaison entre la situation courante et le Résultat le Plus Désirable permet d'identifier les obstacles sous forme de contradictions.

# tetTRIS

- L'Animation 3 ajoute davantage de détails aux concepts introduits dans le premier épisode avec Nina : afin d'éviter l'inertie psychologique, il est recommandé d'exagérer les contradictions. En conséquence, des modifications radicales peuvent être formulées grâce cette perspective différente (fig. 4).

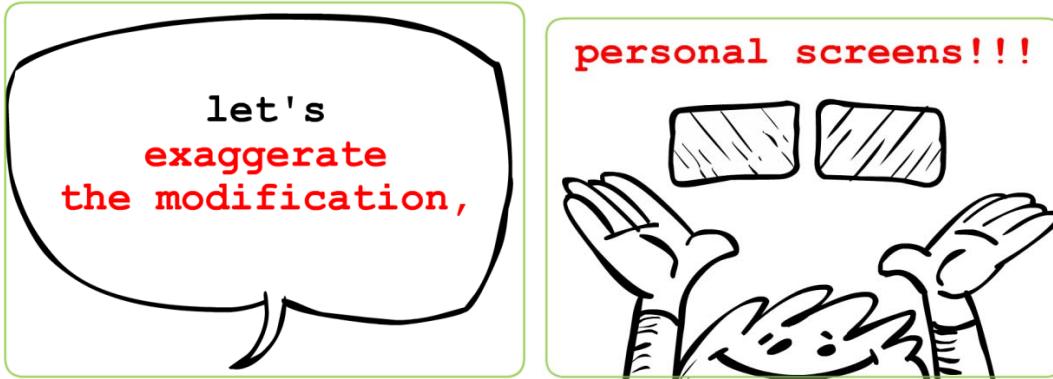


Fig. 4 : Animation 3 – L'exaggération des contradictions permet de surmonter l'inertie psychologique.

- L'Animation 4 révèle une autre caractéristique extrêmement importante de la formulation du Résultat le Plus Désiré : l'idéalité consiste à formuler le concept d'un objet remplissant lui-même la fonction comme un moyen de réduire la consommation de ressources et d'éviter l'apparition d'effets nocifs (fig. 5).
- L'Animation 4 offre également une longue liste de produits pouvant être associés aux Principes Inventifs adoptés par Nina pour résoudre les problèmes décrits par ces histoires courtes.

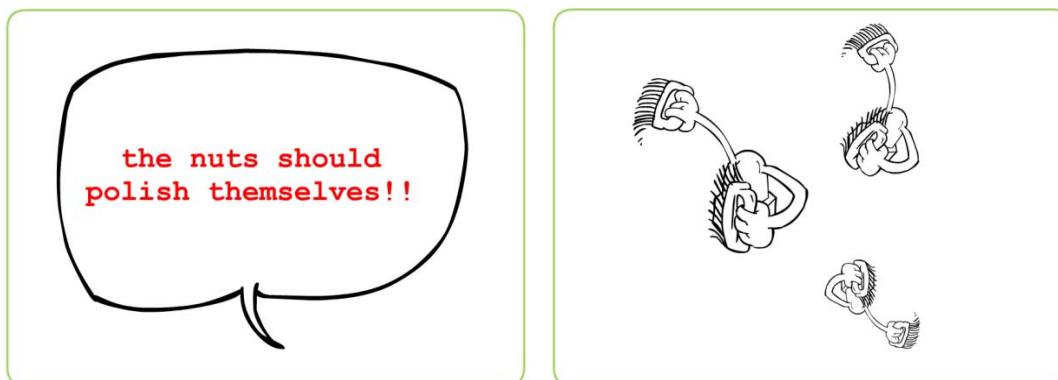


Fig. 5 : Animation 4 – L'idéalité aide à surmonter l'inertie psychologique et à concentrer son attention sur la solution la moins chère et la plus efficace.

## Animation 5 : Théorie de la Résolution de Problèmes Inventifs

- La dernière animation résume les concepts introduits par les précédentes animations et présente quelques autres éléments de la Base de Connaissances de TRIZ.
- La première partie poursuit l'analogie entre TRIZ et les autres sciences proposées dans la première animation. À l'instar de la génétique qui permet de prédire l'évolution d'un organisme vivant, TRIZ aide à anticiper l'évolution de systèmes techniques (fig. 6).
- Cette animation peut aider les enseignants à introduire l'Opérateur Système (fig. 7) ainsi que la Modélisation Su-Field et les Standards Inventifs (fig. 8).

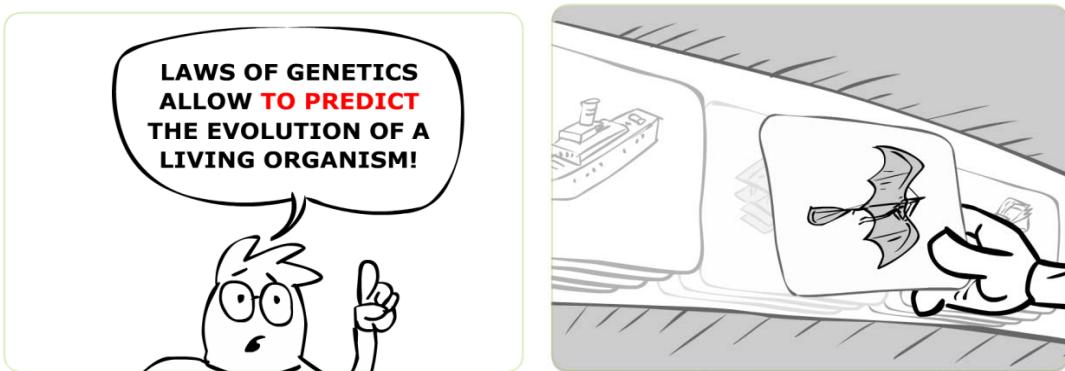


Fig. 6 : Animation 5 – Ideality helps overcoming psychological inertia and focuses the attention to the cheapest and most efective solution.

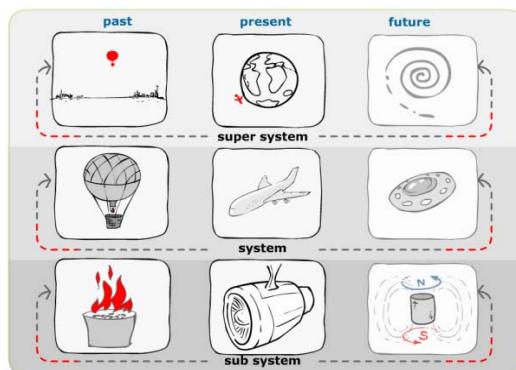


Fig. 7 : Animation 5 – Opérateur système : l'approche TRIZ de la pensée systématique.

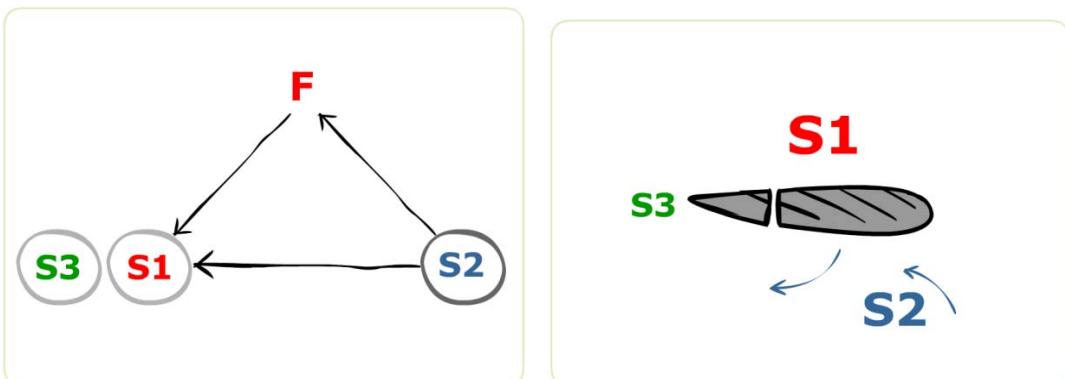


Fig. 8 : Animation 5 – Modélisation Su-Field et Solutions Inventives Standard.

## Et maintenant ?

Le projet TETRIS est la première tentative de création d'un support d'enseignement multilingues pouvant être utilisé par les enseignants, les étudiants, les formateurs, les professionnels ou tout autre lecteur intéressé, et visant à surmonter la dispersion habituelle des document éducatifs portant sur TRIZ. Il convient de souligner que tous ces supports peuvent être librement copiés et distribués à condition d'inclure les mentions de copyright, y compris en cas d'utilisation partielle du présent manuel.

En effet, la Base de Connaissance de TRIZ Classique est bien plus vaste et l'ensemble des supports TETRIS peut être intégré et amélioré. Toute personne souhaitant contribuer à la traduction dans d'autres langues, à l'amélioration ou à l'intégration des présents supports est invitée à prendre contact avec le coordinateur du projet.

## 1.1 introduction pour les enseignants et les entreprises

*Nous vivons dans un monde qui change rapidement. La vitesse des changements et l'apparition de nouveautés s'accélèrent fortement. Il n'est pas facile de s'orienter dans ce monde. La connaissance est rapidement dépassée et de nouvelles connaissances apparaissent. La situation dans le monde et dans les régions autour de nous change également, tout comme la situation économique. Les cultures s'intègrent les unes dans les autres. Aujourd'hui, il ne suffit pas – contrairement à hier – de maîtriser une spécialité, d'apprendre des solutions professionnelles typiques et de les utiliser au cours de sa vie ...*

(Nikolai Khomenko, 2008)

### INTRODUCTION

TRIZ a soulevé de nombreuses réflexions depuis son apparition en 1946–1949. Elle est tout d'abord apparue comme une MÉTHODE de création d'invention. À cette époque, la création d'une telle méthode semblait impossible. À cette époque, la capacité d'inventer était considérée comme un don de la nature. Soit vous aviez reçu ce don et vous saviez inventer, soit vous ne l'aviez pas et vous ne saviez donc pas inventer. Cependant, en 1949, la méthode fut créée et testée sur des problèmes très compliqués. Les solutions obtenues grâce à l'utilisation de cette méthode remportèrent un grand prix à un concours d'inventeurs. De plus, la méthode fut également testée sur d'autres problèmes et elle produisit des résultats stables. Les auteurs de la méthode – Genrikh Altshuller et Raphael Shapiro – écrivirent une lettre à Staline afin de lui décrire les résultats obtenus. Au lieu d'être encouragés, ils furent arrêtés et condamnés à 25 ans de goulag. Genrikh Altshuller purgea sa peine dans la région du Cercle Polaire, contraint de travailler dans les mines de Vorkuta, tandis que Raphael Shapiro avait été envoyé en Asie centrale, près de Karaganda.

Peu de temps après la mort de Staline, on leur rendit leur liberté. Raphael Shapiro se retira du monde de la recherche et du développement, tandis que Genrikh Altshuller poursuivit son travail sur la méthode et commença à la déployer auprès des ingénieurs. La méthode fut graduellement améliorée et devint un ALGORITHME clair qui, avec le temps, fut appelé Algorithm of Inventive Problem Solving (ARIZ).

À cette époque, l'opinion publique à propos de la MÉTHODE commença à s'améliorer. La méthode avait fait la preuve de son efficacité. Elle commençait à être étudiée et utilisée par différentes personnes qui, tout comme Altshuller, obtenaient d'excellents résultats. Les sceptiques changeaient d'avis et commençaient à admettre qu'une méthode permettant d'inventer la nouveauté pouvait bel et bien exister – mais en parler comme d'un ALGORITHME, c'était trop fort !

Néanmoins, ARIZ continuait à se développer et des formations pour les personnes désireuses de maîtriser la méthode étaient organisées de plus en plus fréquemment. Cette effervescence permit de promouvoir un développement d'ARIZ plus actif. Les participants aux ateliers ARIZ restaient en contact avec Altshuller et lui faisaient parvenir des problèmes difficiles à résoudre. Altshuller appliquait ARIZ aux problèmes analysés par ses partisans, révélait les faiblesses de l'algorithme et créait de nouvelles versions d'ARIZ. Suite à ces développements, deux chiffres furent ajoutés au nom ARIZ, permettant ainsi de connaître l'année de la version donnée : ARIZ-64, ARIZ-74, ARIZ-77, etc. Les ateliers devenaient de plus en plus populaires et de nouvelles versions d'ARIZ étaient produites à intervalles de plus en plus réguliers, jusqu'à plusieurs versions en une année parfois. Suite à cela, des lettres indiquant le numéro de la version furent ajoutés aux noms d'ARIZ, en plus des chiffres. En 1982, par exemple, plusieurs versions

furent créées : ARIZ-82 A, ARIZ-82 B, ARIZ-82 C, ARIZ-82 D. chaque nouvelle version était testée sur des problèmes-tests avant qu'Altshuller ne la distribuait. La collection de problèmes-tests ne cessait de croître. Elle comprenait des problèmes impossibles à résoudre avec les versions précédentes d'ARIZ. Des écoles d'inventeurs commençaient à faire leur apparition, dans lesquelles ARIZ était enseignée non seulement par Altshuller, mais également par des personnes qui avaient bénéficié de son enseignement. Au milieu des années 80, il existait environ 300 écoles d'invention qui organisaient des formations de différents niveaux et à différentes fréquences.

Au fil du temps, les hypothèses liées aux fondements de la création de la méthode d'invention et proposées par G.S. Altshuller et Raphael Shapiro dans leur tout premier article - écrit peu de temps après leur libération des camps de travail et publié en 1956 - se confirmaient. On avait passé plus de 30 ans à vérifier les idées décrites dans l'article ; une période pendant laquelle de nouvelles idées ainsi que les fondements théoriques sous-jacents d'ARIZ étaient révélés. Toutes ces réalisations furent intégrées dans une théorie et des outils uniques pour une utilisation dans la pratique quotidienne des ingénieurs. Au milieu des années 70, la théorie fut baptisée Théorie de la Résolution de Problèmes Inventifs (TRIZ).

À cette date, l'opinion publique avait déjà accepté l'idée de la possibilité de créer un ALGORITHME d'invention, mais avait commencé à rejeter la possibilité de créer une théorie d'invention claire. Il est nécessaire de souligner qu'à la fin des années 80 et au début des années 90, la possibilité de créer une Théorie d'Invention commençait à être reconnue, mais que l'idée de TRIZ en tant que théorie était rejetée. Les recherches de G.S. Altshuller et I.M. Vertkin sur l'histoire de la mise en œuvre de l'innovation par des personnes qui avaient changé le monde prouvaient que le retard dans la reconnaissance des innovations était caractéristique de tous les cas concernés par l'introduction d'innovations majeures : l'aviation, le chemin de fer, le voyage dans l'espace et bien d'autres avaient bien suivi la même voie avant d'obtenir la reconnaissance. Aujourd'hui, plusieurs facteurs empêchent la reconnaissance de TRIZ en tant que système bien pensé et efficace sur le plan pratique. Le premier de ces facteurs est le manque d'information fiable sur les sources primaires créées par G.S. Altshuller lui-même.

Les versions simplifiées et abrégées des outils les plus simples de TRIZ Classique connaissent une popularité croissante. Dans les ateliers, ni les fondements théoriques de la Théorie d'Altshuller, ni son outil de base le plus important – ARIZ – ne sont pris en compte. L'information sur TRIZ Classique est diluée, noyée dans les nombreuses versions « améliorées » de « TRIZ moderne ». Un grand nombre de ces versions de TRIZ est loin de ce que l'on peut appeler une théorie d'invention appliquée. Les jugements portés sur TRIZ sont souvent fondés sur ces compilations plutôt que sur les sources primaires. Il est intéressant d'observer que dès 1985, lors de la première présentation des recherches sur l'histoire de la mise en œuvre de l'innovation par des personnes créatives du passé et du présent, Altshuller lui-même avait prédit que les événements prendraient cette tournure après sa mort. Ces recherches démontraient que les événements accompagnant l'introduction de nouvelles idées présentent des régularités stables, que l'on se situe au sein d'une entreprise ou d'une organisation individuelle ou bien à l'échelle de l'humanité.

Dans l'intervalle, une nouvelle étape du développement et de la propagation de TRIZ vit le jour au milieu des années 80. C'est tout logiquement, que le développement de TRIZ entraîna de nouvelles idées. Par exemple, il devint clair que le développement plus avant de TRIZ nécessiterait la création d'un fondement solide servant de base à trois nouvelles théories.

La première théorie allait traiter de l'évolution de ces systèmes dont l'amélioration est le résultat du travail de personnes créatives et de différents types d'inventeurs. G.S. Altshuller appelait cela la Théorie de l'Évolution du Système Technique (l'abréviation russe est TRTS). En raison des circonstances historiques, il réduisit le nom de cette théorie et ne conserva que la dénomi-

nation systèmes techniques. Différentes personnes (Boris Zlotin, Alla Zusman, Igor Vikentiev, Vyacheslav Yefremov, Igor Kondakov, Yury Salamatov, Igor Vertkin, Natalya et Alexander Narbut et bien d'autres) s'étaient engagées pour le développement de TRTS. Leurs travaux formaient la base des versions récentes des outils de TRIZ Classique.

Les systèmes ont toujours été développés par des personnes – des inventeurs et des créateurs – et c'est pourquoi, il était nécessaire de comprendre d'où venaient ces gens qui changeaient le monde et comment ils réussissaient à introduire leurs idées en dépit de la résistance de leurs contemporains. G.S. Altshuller et I.M. Vertkin se mirent à étudier les biographies d'environ 1000 de ces personnes dont le nom avait marqué l'histoire de l'humanité. Il ressortit de ce travail que les biographies de la plupart des personnes qui avaient vécu à différentes périodes de l'histoire humaine et dans différentes régions du monde présentaient certaines similitudes. Un grand nombre d'entre eux avaient été confrontés à des problèmes similaires lorsqu'ils travaillaient sur leurs inventions et idées, et lorsqu'ils les mettaient en œuvre. Il est important de noter que des problèmes similaires apparaissaient non seulement dans la vie des ingénieurs, mais également dans la vie des peintres, médecins, chercheurs et hommes d'affaire (par exemple l'histoire du Federal Express). Les résultats d'analyse furent présentés sous la forme d'un jeu économique « Circonstances Externes contre Personne Créative ». C'est une sorte de collection de problèmes décrivant les problèmes typiques qui apparaissent dans la vie de Personnes Créatives, indépendamment de leur profession, de la période de l'histoire et de leur lieu de résidence. Ce travail de recherche forma la base de la deuxième théorie, qui requiert un développement plus avancé. Altshuller et Vertkin lui donnèrent le nom de Théorie du Développement de la Personnalité Créative (l'abréviation russe est TRTL).

L'évolution de TRIZ Classique démontrait que sa théorie et ses outils pratiques ne s'appliquaient pas uniquement aux systèmes techniques. Une telle théorie fit son apparition au cours des premières étapes de la création de TRIZ. Cependant, la confirmation pratique de cette hypothèse avait requis plusieurs décennies d'application des outils et des théories TRIZ par différentes personnes engagées dans des activités de recherche dans divers domaines comme la physique, la botanique, la chimie, diverses applications productives, financières ou commerciales, différents types de problèmes sociaux à différentes échelles, la publicité et bien d'autres secteurs.

De nombreux disciples d'Altshuller commencèrent à appliquer TRIZ à divers problèmes, y compris à ceux de leur vie privée. La question se posa alors de savoir pourquoi certaines personnes pouvaient appliquer TRIZ à diverses situations, alors que d'autres ne pouvaient pas. Des ingénieurs, mais également des représentants d'autres professions, comme des experts en publicité, des hommes d'affaire et des chercheurs commençaient à prendre part aux cours de TRIZ. Des banques, des organisations de change et des organisations gouvernementales commençaient à avoir recours aux services de spécialistes. Une autre question, liée à la première, se posa alors : comment enseigner à toutes ces personnes la manière d'utiliser efficacement les outils de TRIZ Classique dans leurs domaines d'activité. Alors qu'il cherchait la réponse à ces questions, de nouvelles idées surgirent de l'esprit d'Altshuller, formant ainsi la base de la théorie appelée Théorie Générale du Mode de Pensée Avancée (OTSM). Il commença à développer ces idées au milieu des années 70. Au milieu des années 80, Nikolai Khomenko s'engagea dans le développement d'OTSM.

Autour des années 85, davantage de personnes avaient accepté l'idée de la création d'une Théorie d'Invention. Cependant, les deux idées concernant le développement d'une Théorie Générale du Mode de Pensée Avancée (OTSM) et de la Théorie du Développement de la Personnalité Créative (TRTL) se heurtaient à une importante résistance, y compris dans les rangs des spécialistes TRIZ.

L'évolution d'OTSM entraîna le développement plus avancé des idées de base d'Altshuller et

# t<sub>E</sub>TRIS

donna l'impulsion nécessaire à la création d'une théorie comparativement distincte de pensée avancée. Cette théorie forma la base de l'apparition de nouveaux outils pour la gestion de problèmes interdisciplinaires compliqués contenant des dizaines et des centaines de sous-problèmes appartenant à divers domaines de connaissance. Des exemples de problèmes présentant un tel niveau de complexité sont : gérer le développement durable d'une région avec des centaines de milliers, voire des millions, d'habitants ; créer une entreprise ou une affaire reposant sur la création permanente et efficace et introduire des idées innovantes ; fonder des centres de recherches capables de transformer des idées pionnières et hérétiques en un commerce écologique et profitable pour la société.

OTSM offre aux utilisateurs les outils nécessaires pour gérer divers types de connaissances. Elle les aide à assimiler efficacement les connaissances issues de divers domaines, y compris des nouveaux domaines de l'activité humaine. C'est la raison pour laquelle un groupe de chercheurs de l'ancienne Union Soviétique a choisi OTSM comme base pour la création de nouveaux outils pédagogiques capables d'améliorer l'efficacité du système éducatif en apprenant aux adultes et aux enfants à gérer les problèmes. Par exemple, un de ces outils était l'approche d'Alexander Sokol pour l'enseignement simultané de langues étrangères et des bases de TRIZ OTSM. Cette approche baptisée Approche Réflexive se fonde sur l'idée que la langue est un des outils utilisés pour la résolution des problèmes vitaux que rencontre l'Homme, et que pour maîtriser et tirer le meilleur profit de cet outil, il serait avantageux de connaître au minimum les approches de bases de la résolution de problèmes en général.

Tournons-nous encore une fois vers l'histoire de TRIZ Classique et voyons quelles sont les transformations subies au cours de son évolution (voir Figure 1).

On vit tout d'abord l'apparition d'une MÉTHODE comprenant un nombre réduit d'étapes. Ensuite, des méthodes supplémentaires commencèrent à apparaître. En temps voulu, ces méthodes supplémentaires commencèrent à s'intégrer dans un système – un ALGORITHME qui augmenta l'efficacité de leur application, ARIZ. L'évolution d'ARIZ révéla quelques énoncés fondamentaux de théorie appliquée présentés sous la forme d'une THÉORIE scientifique appliquée, TRIZ. L'évolution de la théorie fit apparaître la nécessité de développer plusieurs autres théories devant servir de base à un nouveau TRIZ.

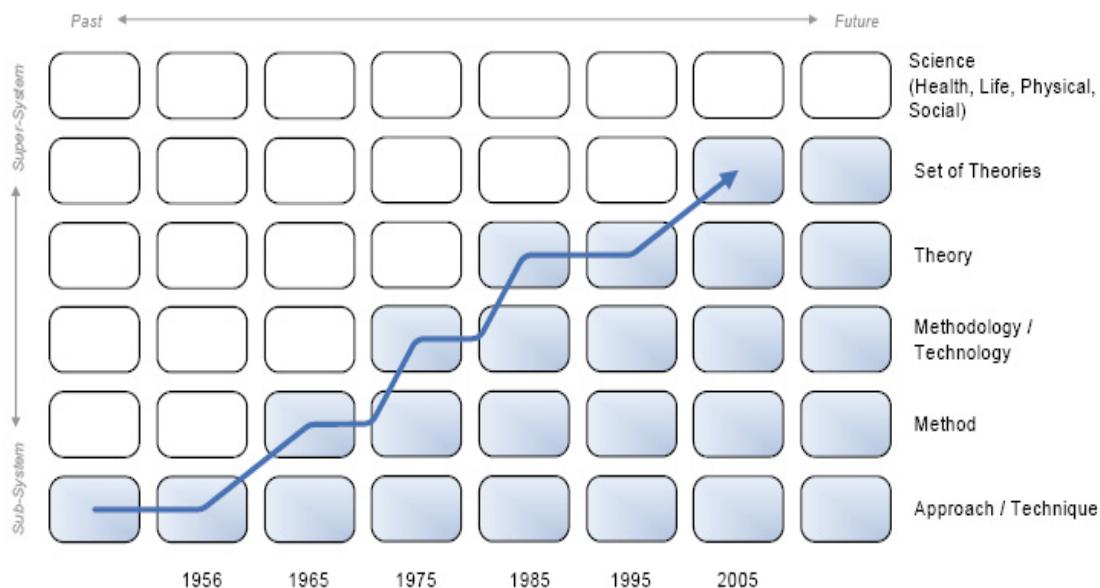


Figure 1. L'évolution de TRIZ Classique

Altshuller pensait que le système de théories avait besoin d'un nouveau nom mieux adapté, mais jusqu'à présent aucun nouveau nom n'a fait son apparition. C'est pourquoi, le système formé de théories s'appelle, aujourd'hui encore, TRIZ Classique, ce qui entraîne parfois une certaine confusion chez des personnes qui s'intéressent à TRIZ mais qui n'en connaissent pas l'histoire. Tandis que TRIZ Classique gagnait en popularité à travers le monde, ses différentes modifications commençaient à apparaître. Elles sont généralement largement simplifiées et abrégées. Un processus inverse pourrait apparaître : s'éloigner des objectifs atteints pour revenir vers des méthodes et des algorithmes spéciaux.

Certaines branches d'évolution de TRIZ Classique ont produit d'intéressantes approches. Par exemple, une approche intéressante et une méthode utile appelée Évolution Dirigée ont été créées dans I-TRIZ. Les principaux auteurs de cette approche sont Boris Zlotin et Alla Zusman. L'analyse de cette branche – et d'autres branches – de TRIZ Classique n'entrent pas dans le cadre de ce travail.

TRIZ Classique a démontré son efficacité à de nombreuses reprises. TRIZ et ses outils ont été utilisés pour la résolution de divers problèmes en commençant par des problèmes relativement simples (techniques) et jusqu'à toutes sortes de problèmes sociaux compliqués.

Les personnes qui, tôt ou tard, finissent par connaître TRIZ commencent à se demander pourquoi cela fonctionne aussi efficacement. Nous essaierons de répondre à cette question dans les sections suivantes. Pour mieux comprendre pourquoi et comment TRIZ fonctionne, il est nécessaire d'approfondir les différents aspects de TRIZ Classique. Néanmoins, la connaissance la plus superficielle de TRIZ et de ses fondements théoriques permet déjà aux personnes de différentes professions de gérer une grande majorité des problèmes qu'ils rencontrent dans leur vie professionnelle ou privée. C'est justement ce qui rend TRIZ Classique et OTSM aussi attrayants aux yeux des personnes engagées dans le monde de l'éducation.

Des recherches ont été menées et des éléments de TRIZ OTSM sont utilisés dans les domaines de la pédagogie et de l'éducation depuis plus de 25 ans. Des méthodes spéciales individuelles ont été créées, tout comme des systèmes complexes utilisés dans la pédagogie et l'éducation. En utilisant ces méthodes, nous sommes en mesure, dès à présent, de commencer à développer des capacités créatives et réflexives chez les enfants âgés de 2 ou 3 ans, et de garantir un résultat positif. La plupart des outils pédagogiques TRIZ OTSM se présente sous la forme de jeux et de divers types d'activités créatives. Les enfants ayant commencé à assimiler les méthodes de pensée créative basées sur TRIZ OTSM ont grandi et ont déjà des enfants eux-mêmes. Il est intéressant d'observer qu'ils commencent eux-mêmes à travailler avec leurs enfants en utilisant de nouvelles méthodes modernes ou en créant leurs propres méthodes lorsque cela s'avère nécessaire.

Il convient de souligner le fait qu'une compréhension approfondie et de haute qualité de TRIZ OTSM non seulement améliore l'efficacité de l'application des outils existants pour la gestion de problèmes non standards, mais permet également une rapide création des outils nécessaires lorsque les outils disponibles ne permettent pas de gérer un problème.

TRIZ OTSM actuel est en fait un kit de construction composé de divers outils qui sont unis dans un système requis conformément aux règles respectives. Ces règles constituent les fondements théoriques de TRIZ OTSM qu'il faut maîtriser pour une meilleure compréhension et pour la résolution de problèmes apparaissant au sein du système éducatif. C'est pourquoi nous commençons par les fondements théoriques. Vous ne devez pas avoir peur du terme « théorique » car les fondements théoriques de TRIZ Classique et OTSM sont en fait des outils appliqués d'un niveau supérieur de généralisation. C'est pourquoi ils fonctionnent là où les outils standards existants des professionnels et experts en tous genres cessent de fonctionner.

Nous vivons dans un monde qui change rapidement. La vitesse des changements et l'apparition de nouveautés s'accélèrent fortement. Il n'est pas facile de s'orienter dans ce monde. La connaissance est rapidement dépassée et de nouvelles connaissances apparaissent. La situation dans le monde et dans les régions autour de nous change également, tout comme la situation économique. Les cultures s'intègrent les unes dans les autres. Aujourd'hui, il ne suffit pas – contrairement à hier – de maîtriser une spécialité, d'apprendre des solutions professionnelles typiques et de les utiliser au cours de sa vie. De nouvelles connaissances et de nouveaux outils pour travailler avec ces connaissances apparaissent au cœur même d'une spécialité. Il est difficile de prévoir l'apparence qu'aura le monde dans plusieurs dizaines d'années. On pourrait dire que ce problème est résolu par la formation tout au long de la vie. Pour mieux définir le problème, utilisons l'un des outils de TRIZ Classique, tout en aggravant le problème jusqu'à une extrême absurde. Cette méthode permet d'identifier les racines d'un problème, laissant, le temps d'un instant, les particularités restantes à une analyse ultérieure.

Imaginons que nous ayons créé le meilleur et le plus avancé des cours et que nous ayons commencé à l'enseigner à un groupe d'étudiants. Quelques jours plus tard, les étudiants défendent avec succès leurs mémoires et obtiennent des diplômes. Mais lorsqu'ils quittent leur institution éducative, il apparaît clairement que les compétences et les connaissances les plus avancées acquises au cours de leurs études étaient déjà devenues désespérément obsolètes pendant leur formation. La vie réelle a changé pendant cette période et elle requiert de nouvelles compétences et connaissances.

Cette situation est un véritable défi et de nombreux éducateurs sont vraiment dans une impasse ! Que doivent-ils enseigner aux étudiants dans ce monde aux changements si rapides si la connaissance est déjà obsolète à la fin d'une formation ?

*Le Troisième Millénaire*, le roman inachevé de G.S. Altshuller, décrit une école fictive dans laquelle ne sont pas formés des spécialistes étroits d'esprit, mais des généralistes capables d'utiliser les connaissances nécessaires pour la résolution de situations vitales.

Les problèmes changent également. Les solutions professionnelles typiques deviennent inutiles. Que faut-il faire ?

Nous pensons que les idées de G.S. Altshuller exposées dans son roman fantastique méritent toute notre attention. Nous devons apprendre à enseigner à nos enfants les choses d'une vie à propos de laquelle nous connaissons si peu de choses nous-mêmes. Aujourd'hui, nous ne pouvons pas donner à nos enfants des outils standards pour la résolution de problèmes qui nous sont inconnus. Ce que nous pouvons faire, c'est leur enseigner comment créer des outils pour résoudre efficacement ces problèmes futurs inconnus. Cela est démontré par l'expérience appliquée de TRIZ Classique et d'OTSM. Certes, ce n'est certainement pas suffisant. Ni TRIZ Classique, ni OTSM ne peuvent remplacer la connaissance spécifique dans divers domaines. Cependant, nous sommes d'avis que la capacité de gérer la connaissance liée aux situations problématiques est l'une des matières fondamentales du système éducatif du futur.

Et nous devons commencer à créer ce futur dès à présent.

## 1.2 Introduction à TETRIS pour les étudiants

De nos jours, il est difficile de trouver quelqu'un qui n'aie jamais joué à un jeu vidéo, au moins une fois dans sa vie. Un nombre impressionnant de jeux vidéos sont proposés qui se distinguent par leur scénario, leur niveau graphique, leur qualité sonore et leur OBJECTIF : vaincre dans ce monde virtuel.

Mais comment ces gens peuvent-ils résoudre une situation problématique réelle et devenir des vainqueurs dans la vie réelle ?

Nous discuterons de ces questions dans notre livre électronique. Les sentiments physiques et émotionnels des jeux d'argent, l'étonnement suscité par de nouvelles découvertes et le triomphe seront familiers parce que tout commence par les jeux et que la vie réelle requiert des efforts considérables.

*... L'Empire romain, le centre de Rome, le Colisée. Un soleil éclatant apparaît au-dessus des tribunes. Dans vos mains, vous tenez une courte épée et un bouclier léger à la forme régulière et sentez, au niveau de votre épaule, l'épaule d'un autre soldat dans le rang compact et ininterrompu de combattants. Une simple pression sur le bouton, et tout entre en mouvement. Des hurlements d'excitation s'élèvent des tribunes ! Les mains sont levées, par dizaines de milliers. De l'autre côté de l'arène, la poussière est soulevée par les chariots lancés à toute allure par l'ennemi. Et votre équipe sait comment détruire ces chariots détestés et remporter une victoire contre l'ennemi pourtant plus puissant !*



(source: *The Ancient City: Life in Classical Athens and Rome*, Peter Connolly - Hazel Dodge)

Bien sûr, il ne s'agit que d'un jeu ...

*... Le statoréacteur moderne, superpersonique à combustion. Vous avez le volant de cette machine puissante entre vos mains. Le vrombissement du moteur vous fait vous enfoncez dans votre siège et vous ressentez l'accélération dans votre corps. La piste de décollage devient de plus en plus petite et cède la place à une magnifique vue de la Terre. L'horizon est marqué par des tons doux et pastels et au-dessus, vous apercevez le noir infini. Vous vous retrouvez face à face avec cet oiseau d'acier miraculeux. Un léger mouvement de vos doigts*



(source NASA Photo ID: EL-1997-00146 AND Alternate ID: L96-924)



*sur le panneau de contrôle et les ailes s'animent. L'avion tourne, descend, remonte. Vous vous sentez un héros. Les pilotes professionnels qui pilotent des avions pendant leur carrière admirent ces simulateurs d'entraînement.*

C'est probablement aussi un jeu ...

*Les jeux de rôle modernes. Vous jouez à un jeu vidéo. Pas seul, pas même avec quelques uns de vos amis ... Une dizaine de milliers, voire des millions de joueurs participent au jeu. Leur présence peut être ressentie aussi physiquement que l'épaule du soldat dans l'arène du Colisée. En plus d'un son de haute puissance, de graphismes rapides et bien faits et d'effets spéciaux, c'est l'interactivité du jeu qui séduit. Le développement du scénario dépend des joueurs et de leurs actions. Le jeu ressemble à la vie. La situation peut changer rapidement et, dans ces conditions, il est nécessaire de trouver des solutions responsables et non standard. Les rôles du scénario peuvent être variés : foyer, voyage, politique, nouveau développement de commerce, éducation des enfants, vie sociale, économie ...*

S'agit-il d'un jeu là aussi ?

Ces exemples sont liés par l'incroyable sensation de réalité, par la sensation de puissance sur l'ordinateur, par la possibilité d'obtenir de nouvelles compétences et les divers niveaux et buts de ces outils dans l'expérience du monde.

Et il n'est pas du tout nécessaire que les jeux, scénarios et images illustrés ci-dessous coïncident avec ceux que vous nommez vos favoris. Il est davantage nécessaire de comprendre correctement le cœur d'un jeu.

Nous souhaitons mettre l'accent sur les points suivants dans ces images : notre monde incroyable, changeant et multiple, requiert, tout au long de son développement, une nouvelle connaissance des outils ainsi que des compétences en matière de modélisation et de gestion.

Au Moyen-âge, seuls quelques rares scientifiques savaient additionner, diviser et multiplier des chiffres plus grands que le nombre des doigts des deux mains :

**XLIX x XLI = ?**

Et la raison ne se situe pas dans la présence ou dans l'absence d'intelligence, mais dans la solution de problèmes non standards. Le système romain de calcul était gourmand en temps et inconfortable, et encore plus complexe pour les calculs difficiles et atypiques. Il devint plus facile d'étudier l'arithmétique avec l'invention des chiffres arabes et le système décimal. Et aujourd'hui, tout le monde peut l'étudier s'il le souhaite. Il est encore plus important de trouver la bonne direction à l'aide d'une approche méthodique lors de la résolution de problèmes inventifs et non standards. Aujourd'hui, tout le monde peut apprendre cela s'il le souhaite.

Le double système de calcul permet même aux ordinateurs de fonctionner de manière plus efficace.

**L'outil, ainsi que la connaissance et les modèles fondamentaux où l'on trouve cet outil, jouent un rôle crucial.**

L'objectif de ce livre est de partager notre connaissance de TRIZ et d'enseigner la manière d'utiliser les outils TRIZ pour la résolution de problèmes non standards. Dans les deux pages suivantes, nous vous donnerons un aperçu de quelques questions de base.

## Quoi ?

Ce livre porte sur TRIZ – une théorie de la résolution de tâches non standards. Cette théorie jette les bases de la création et de l'application d'outils de résolution pour des problèmes complexes et non standards. Elle se démarque des autres théories par son universalité – cette approche peut être appliquée dans tout domaine, bien qu'elle ne se substitue pas à une connaissance spécifique. Elle est également instrumentale car elle suggère l'utilisation de règles concrètes lors de la résolution de problèmes.

### Qu'est-ce qu'un problème non standard ?

Par exemple, le problème suivant posé il y a 50 ans a été résolu grâce à TRIZ par l'inventeur-même de la méthode, G.S. Altshuller :

*Il est nécessaire de développer une tenue résistante au feu et hautement protectrice. La tenue doit offrir une protection contre de hautes températures (100°C) au cœur d'un feu et également être équipée d'un système respiratoire autonome permettant de survivre aux gaz toxiques produits par la combustion. Des matériaux capables de résister à de hautes températures ont déjà été inventés auparavant. Et les systèmes respiratoires autonomes existaient également déjà. Mais alors, où est le problème ?*

*Le fait est qu'il est quasiment impossible de travailler avec cette tenue protectrice car elle est équipée de deux systèmes : le système respiratoire autonome et le système de protection contre la chaleur. Et il ne faut pas oublier que des outils et parfois des blessés doivent également être transportés ...*

*La question est de savoir comment réduire le poids de l'équipement de protection.*

Si le problème est reformulé conformément à un outil TRIZ, on peut deviner comment il est possible de résoudre ce problème :

*Si le système respiratoire autonome est exclu, alors le dispositif de protection contre la chaleur sera plus facile à utiliser, mais il sera impossible de travailler parce que le système de protection n'est pas présent. Si le système de protection contre la chaleur est exclu, alors il sera possible d'installer le système respiratoire autonome. Mais comment assurer la protection contre la chaleur ?*

*Il est nécessaire de créer une tenue de protection contre la chaleur fournissant de l'air au pompier et lui offrant la protection nécessaire contre la chaleur en utilisant des matériaux et des technologies accessibles.*

La tâche demeure non standard jusqu'à ce que la méthode de la solution soit connue.

Un outil TRIZ a été appliqué pour résoudre ce problème : il est nécessaire de changer et de combiner les systèmes afin que les avantages soient conservés et que les inconvénients disparaissent.

En appliquant cette règle générale au problème concret de la tenue de protection contre la chaleur, nous pouvons donner une description générale de la solution du problème : il est nécessaire de combiner deux sous-systèmes en un système afin d'offrir la protection contre la chaleur et la capacité de respirer.



(fonte: Photo Contest Entry, color, Mar. 1981, "Air Force Fire Fighters" VANDENBERG AIR FORCE BASE, CALIFORNIA (CA) UNITED STATES OF AMERICA (USA), autore AIRMAN MELODY A. WEISS



Selon l'outil TRIZ, la formulation de ce problème donne des directions concrètes quant à la manière de résoudre ce problème : nous devrions penser à la combinaison de deux sous-systèmes dans un système afin de réduire le poids de la tenue de protection contre la chaleur.

Utiliser de l'oxygène liquide et la refroidir à une température de -183°C a été suggéré pour le système d'isolation contre la chaleur. L'oxygène liquide, qui s'évapore et se transforme en gaz, refroidit la tenue de protection. Lorsque l'oxygène liquide est chauffé, il peut également être utilisé pour le système respiratoire. Par conséquent, d'une part, le poids de la tenue est réduit et d'autre part, le pompier peut rester plus longtemps dans la zone de danger et son confort est amélioré. Grâce à cette invention, des bénéfices supplémentaires apparaissent : une telle tenue de protection pourrait donner au pompier la possibilité de travailler à des températures pouvant aller jusqu'à 500°C.

C'est la meilleure solution, n'est-ce pas ?

L'idée principale de TRIZ est que notre monde évolue en fonction de lois objectives qui peuvent être explorées en mises en œuvre en pratique. Et les processus créatifs ne sont pas des exceptions car, pour eux aussi, nous avons certaines règles.

Le lecteur que vous êtes peut brièvement faire la connaissance de TRIZ en lisant cette introduction. Vous pouvez voir les animations qui reflètent le cœur et l'histoire de cette théorie et pourrez étudier ce support de formation de manière plus approfondie. C'est à vous de décider. Votre connaissance sera transformée en compétences et réalisations lorsque vous sentirez que vous connaissez l'efficacité de cette méthode sur le bout des doigts. Vous vous rendrez compte de l'efficacité de TRIZ pour la première fois lors du processus de résolution de certaines tâches d'entraînement et des cours de vos enseignants, puis dans vos expériences de la vie réelle. Non seulement le cours du jeu sera changé par vos efforts - comme cela est le cas pour les scénarii décrits ci-dessous - mais également le cours de votre vie. Vous vous sentirez comme un gagnant non seulement dans un jeu, mais également dans la vie réelle.

## Qui ?

Indépendamment de votre âge ou de votre profession, vous vous êtes certainement déjà rendu compte que nous vivons dans un monde de problèmes et que nous passons beaucoup de temps à essayer de les surmonter.

Ce livre a été écrit à l'aide du programme *Lifelong Learning* et est destiné à des personnes de tous âges et de toutes professions. Vous pouvez le lire vous-même ou avec l'aide des cours de votre professeur ; espérons que ce sera le point de départ d'une étude plus approfondie de TRIZ et de ses puissants instruments.

## Où ?

La version papier de ce livre sera disponible dans les pays de tous les partenaires du projet et dans différentes langues : anglais, français, allemand, italien et letton. Vous pouvez imprimer ce livre ou le lire sur ce site internet. Vous y trouverez des informations sur les conférences, les séminaires, les livres, les magazines et les forums. La façon dont vous faites connaissance avec TRIZ n'est pas importante. Le résultat que vous pouvez atteindre est plus important. Les entreprises suivantes ont enregistré des réussites grâce à l'application pratique de TRIZ : ABB, Ford, Boeing, General Motors, Samsung, Chrysler, LG, Eastman Kodak, Peugeot-Citroën, Exxon, Siemens, Procter & Gamble, Digital Equipment, Xerox, Hewlett Packard, Motorola et bien d'autres...

## Quand ?

Si vous n'avez pas cinq minutes de temps libre pour commencer à faire connaissance avec TRIZ, alors vous pouvez lire des documents dans le cadre de cours et de conférences, ou bien dans les transports en commun, ou encore lorsque vous patientez dans la salle d'attente d'un médecin. Vous pouvez proposer de résoudre un problème intéressant lors d'une soirée entre amis. Cela animera votre soirée et illustrera à quel point la recherche chaotique d'une bonne variante se démarque de la résolution intelligente que vous serez capable d'acquérir.

## Pourquoi ?

**Pour améliorer la qualité de votre vie** : pour obtenir la réussite professionnelle, améliorer votre position sociale et augmenter les bénéfices matériels.

**Pour devenir spécial** : pour voir le monde d'un nouvel œil, pour ne pas avoir peur de l'inconnu et pour trouver des solutions là où les autres échouent.

**Pour ressentir de la satisfaction** : dans le fait d'avoir pris conscience que l'impossible devient possible ou d'avoir aidé quelqu'un et de l'avoir rendu heureux. Vous ressentez également la satisfaction d'acquérir de nouvelles compétences qui vous étaient jusque-là totalement inconnues.

Nous serions heureux de vous compter parmi nous – parmi ces personnes qui non seulement recherchent des réponses à des questions compliquées, mais qui trouvent ces réponses avec assurance. Cher lecteur, ne perdez pas de temps ! Nous vous souhaitons beaucoup de succès et de bonnes solutions !



## 1.3 TETRIS Glossaire TRIZ-OTSM<sup>1</sup> : Solution



### 1.3.1 Problème

#### 1.3.1.1 Problème Typique

##### Définition :

Un Problème Typique est un problème qui est typique d'un certain domaine de l'activité humaine. C'est pourquoi, dans ce domaine, des solutions typiques sont bien connues pour ce genre de problème.



##### Théorie :

Une des sous-fonctions de la méthode ARIZ d'Altshuller (ARIZ 85-C) est la transformation de la description d'un problème non typique en un problème typique. Il est ensuite possible d'utiliser les solutions typiques de TRIZ et/ou les solutions typiques d'un domaine dans lequel ce problème est typiques et bien connu.

#### 1.3.1.2 Problème Non Typique (voir : Situation (Problématique) Innovante)

À la limite d'un problème TRIZ-OTSM Non-Typique

#### 1.3.1.3 Situation Innovante (Problème, Inventif)

##### Définition :

Une Situation Innovante est une situation que nous voudrions changer, mais, pour certaines raisons, les solutions typiques connues ne sont pas utiles.



##### Théorie :

Certaines Situations Innovantes apparaissent en raison d'un phénomène non désiré qui doit être éliminé ou réduit. Plus généralement, on considère une Situation Innovante comme une situation insatisfaisante pour de nombreuses raisons : nous aimerais changer quelque chose, mais, pour certaines raisons, cela n'est pas possible, ou bien, les changements que nous nous apprêtions à faire vont nous mener à un conflit avec d'autres acteurs participant à la situation problématique. Parfois, une Situation Innovante apparaît lorsque nous devons expliquer des phénomènes inconnus survenant dans la nature, la recherche scientifique ou les processus de fabrication ou de commerce d'une organisation, etc. Tout type de contradiction entre un phénomène naturel et une connaissance scientifique contemporaine peut donc être considéré comme une situation innovante : il est nécessaire de penser à de nouveaux paradigmes capables de résoudre la contradiction entre les phénomènes de la vie réelle et les théories scientifiques.

Encore plus généralement : on peut considérer comme Situation Innovante, tout type d'insatisfaction avec le statu quo que nous ne pouvons modifier avec les stéréotypes modernes et les solutions typiques.

---

*1 Au début des années 80, un nombre croissant de personnes commençaient à appliquer TRIZ non seulement pour résoudre des problèmes d'ingénierie, mais également pour résoudre tous types de problèmes, y compris ceux de leur vie privée. C'est pourquoi Altshuller commença à écrire dans ses articles et manuscrits que TRIZ devait être transformé en une Théorie Générale du Mode de Pensée Avancée. OTSM est l'abréviation russe pour la théorie et le nom donné par Altshuller lui-même. Puisque nos travaux de recherche avaient été réalisés sous sa supervision et qu'il approuvait nos résultats, en juillet 1997, Altshuller donna à Khomenko la permission d'utiliser le nom OTSM pour ses travaux de recherche. Il donna cette autorisation à la condition qu'à chaque fois que le nom allait être utilisé, l'histoire devait être expliquée. C'est pourquoi ce commentaire apparaît ici.*

## 1.3.2 Solution

### 1.3.2.1 Solution Typique

#### Définition :



Une solution connue à un problème typique présentée sous une forme générale. Utilisée par de nombreux professionnels qui apprennent les solutions typiques au cours de leur formation professionnelle et à travers leur expérience professionnelle.

Les solutions générales devraient être adaptées à une situation spécifique. La solution typique devient ensuite la Solution Mise en Œuvre (voir : Solution Mise en Œuvre).

### 1.3.2.2 Solution Non Typique

#### Définition :



Une solution qui est inconnue des professionnels qui travaillent sur la situation (problématique) innovante. Voir détail : Situation (Problématique) Innovante.

### 1.3.2.3 Ligne de Solution

#### Définition :



Dans le cadre du processus TRIZ-OTSM de résolution de problème (voir : Modèles TRIZ-OTSM d'un Processus de Résolution d'un Problème), nous distinguons diverses lignes principales d'analyses de problèmes non typiques. La ligne de solution montre comment des solutions mises en œuvre ressortent de la description initiale d'une Situation (Problématique) Innovante non typique (Voir : Situation (Problématique) Innovante).

#### Théorie :

Le système de Jalons avec plusieurs lignes a été développé à des fins éducatives, mais il est également utile pour éviter certains malentendus entre les membres d'une équipe de résolution de problème ou entre un coach TRIZ-OTSM et son client.

Ici, nous étudions une ligne d'analyse d'une situation problématique – celle consistant à créer une solution utilisée en pratique ici et maintenant – dans des conditions spécifiques.

Telles sont les exigences pour la Ligne de Solution qui sont, à notre avis, les plus importantes du processus TRIZ-OTSM de résolution de problème :

La Ligne doit être coordonnée avec l'ensemble du complexe de lignes d'analyses d'une situation problématique et avec la synthèse d'une solution fondée sur les modèles de TRIZ Classique proposés par Altshuller [G. ALTSHULLER: Process of Solving an Inventive Problem: Fundamental Stages and Mechanisms. April 6, 1975. (<http://www.trizminsk.org/c/126002.htm>)].

Afin de maintenir une certaine flexibilité dans l'utilisation des divers outils de résolution de problème, la Ligne ne doit pas dépendre des outils d'analyse et de résolution de problème généralement utilisés.

Afin d'être universelle et indépendante du sujet, la Ligne ne doit pas dépendre des domaines de connaissance auquel appartient le problème.

La Ligne doit être simple et compréhensible par des experts du domaine du problème, même si ceux-ci n'ont pas de connaissances spécifiques des technologies de résolution de problème, afin de permettre l'utilisation d'une équipe d'experts/spécialistes dans des domaines étroits et de communiquer en utilisant une seule langue conceptuelle.

## Modèle :

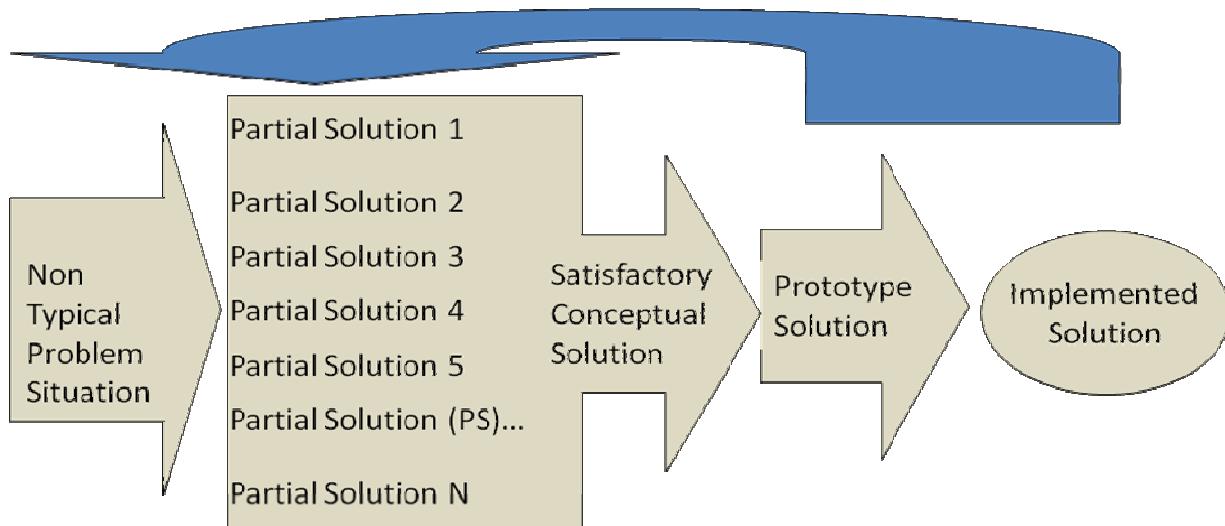


Figure 1. TRIZ-OTSM Ligne d'une solution.

## Théorie :

Pendant le processus TRIZ-OTSM de résolution de problème, nous utilisons des solutions typiques d'un certain domaine spécifique de connaissance, ou des solutions ou des techniques TRIZ typiques pour obtenir des Solutions Conceptuelles Partielles (SP) ou Solutions Partielles (voir : Solutions Conceptuelles Partielles). Chaque solution partielle pourrait être présentée comme un système hypothétique. Il est possible de faire converger ces systèmes hypothétiques (SH) selon des règles TRIZ de convergence de système, les systèmes hypothétiques produisant ainsi de nouvelles solutions partielles. Dès que nous obtenons une Solution Satisfaisante (voir : Solution Satisfaisante), nous pouvons passer de l'étape des solutions conceptuelles à l'étape de mise en œuvre, et développer des Solutions Prototypes et des Solutions Mises en Œuvre (voir : Solutions Prototypes et Solutions Mises en Œuvre).

Lors de la mise en œuvre d'une solution conceptuelle satisfaisante (Étapes des solutions Prototypes et Mises en Œuvre), de nouveaux problèmes peuvent surgir. Pour corriger les solutions conceptuelles satisfaisantes par rapport à ces nouveaux problèmes, il est possible d'appliquer le processus TRIZ-OTSM de résolution de problème. Ces répétitions devraient être utilisées jusqu'à ce qu'une solution conceptuelle satisfaisante corrigée puisse être mise en œuvre avec la qualité appropriée.

La plupart des spécialistes confrontés à une situation problématique ont l'intense conviction que plus de concepts de solutions (idées) sont développées dans le cadre de l'analyse du problème, mieux ce sera pour le projet. Parallèlement, ici et maintenant – dans des conditions spécifiques – une solution est utilisée. Nous considérons cette solution, représentée ici et maintenant – par des objets faits d'un matériau spécifique ; actions spécifiques réalisées par des personnes ; méthode ou théorie utilisées en pratique – comme le but final du processus de résolution de problème, et nous l'appelons Solution Mise en Œuvre.

En d'autres termes, générer un grand nombre de solutions conceptuelles doit être considéré comme une perte de temps et d'énergie et doit être évité afin d'augmenter l'efficacité du processus d'innovation.

Une idée évidente du point de vue externe est souvent considérée comme une nouveauté, même dans l'environnement des professionnels de la recherche de solutions. En même temps, ceux qui sont souvent confrontés à l'analyse et à la résolution de problèmes savent qu'au cours de l'analyse, on tombe souvent sur des idées de solution multiple. Ces idées sont souvent

confuses et vides de toute connaissance spécifique. Très souvent, ces idées présentent de nombreux inconvénients tout en ayant quelque chose de positif dans le contexte de la résolution d'un problème spécifique. De telles idées, que l'on décrit en listant leurs propriétés positives et négatives dans le cadre d'OTMS-TRIZ, sont appelées Solutions Conceptuelles Partielles ou Solutions Partielles (SP).

Cependant, au cours du travail sur un problème, ces Solutions Partielles se concrétisent et s'intègrent les unes dans les autres pour former les contours plus concrets d'une autre Solution Mise en Œuvre. Ce type de solution, qui forme un système de Solutions Conceptuelles Partielles, est appelé Solution Conceptuelle Convergée (SCC).

Les différences entre Solution Conceptuelle Convergée et Solution Conceptuelle Partielle sont :

- Les Solutions Conceptuelles Convergées sont plus concrètes et sont proches de la réalité, contrairement aux très confuses Solutions Conceptuelles Partielles, qui sont des fragments de contes de fée plutôt que des solutions pouvant être utilisées dans la vie réelle.
- Les Solutions Conceptuelles Convergées sont créées de manière que les propriétés des différentes SCP sont additionnées et multipliées pour produire un effet synergique, tandis que les propriétés négatives des mêmes SCP se réduisent et s'éliminent les unes les autres.
- Les Solutions Conceptuelles Convergées sont maintenant évaluées non seulement en fonction de leurs propriétés positives, mais également en fonction de leurs inconvénients inhérents et des effets négatifs qu'elles pourraient avoir lorsqu'elles sont réalisées. Pour révéler ces effets négatifs et indésirables, des expérimentations mentales et des simulations informatiques de grande ampleur des SCC sont effectuées.
- Les Solutions Conceptuelles Convergées comprennent des Solutions Conceptuelles Partielles en tant qu'éléments constitutifs. De plus, d'autres SCC peuvent figurer dans la capacité des éléments de SCC.

Suite à l'intégration des SCC les unes dans les autres et avec des SPC, des SCC apparaissent pouvant présenter des propriétés et des effets indésirables. Cependant, le niveau moyen de leurs propriétés et effets est bien inférieur aux propriétés et effets positifs produits. De telles solutions semblent plutôt acceptables. Cela prouve que nous avons obtenu un nouveau type de solution, que nous appelons Solution Conceptuelle Satisfaisante.

Les caractéristiques qui distinguent la Solution Conceptuelle Satisfaisante de la Solution Conceptuelle Convergée sont :

- Tout d'abord, il y a le fait que l'effet - positif - intégral désirable l'emporte largement sur l'effet négatif – indésirable, qui est si petit que dans certaines conditions spécifiques d'une situation spécifique, il est quasiment possible de l'accepter.
- Alors qu'il y peut y avoir des dizaines de SP et de SCC, le nombre de Solutions Conceptuelles Satisfaisantes n'excède que rarement le nombre de 5 ou 6 (avec des variantes, il est possible d'atteindre le chiffre global de 10 ou 20).
- La description de la Solution Conceptuelle Satisfaisante est plus spécifique et concrète que celle des SP et les SCC. Elle est si concrète qu'elle permet de passer à la sélection des matériaux et des composants nécessaires et de lancer le développement et la fabrication de prototypes.

Tous les processus décrits jusqu'à présent surgissent dans la tête de ceux qui travaillent sur la résolution de problèmes. Les idées obtenues sont vérifiées à l'aide d'expérimentations mentales, de la représentation graphique et du dessin, et des simulations par ordinateur. Parfois, afin de vérifier certaines SCS et SCI, des expériences de grande envergure sont menées avant que ne soient sélectionnées ou rejetées les idées obtenues pour la fabrication d'un prototype ou la

vérification expérimentale de son efficacité. Les Solutions Conceptuelles Satisfaisantes qui sont sélectionnées, converties en prototypes et qui obtiennent des notes positives aux tests expérimentaux sont appelées Solutions Prototypées.

Après le passage à la Solution Prototypée, la situation change fondamentalement. Jusqu'à présent, nous avons surtout eu recours à la simulation et aux expérimentations mentales. Maintenant, le rôle principal est tenu par l'expérience de grande envergure menée avec les modèles existants physiquement. À cet instant démarre la transition vers la réalisation de l'idée, vers sa réalisation sous différentes formes : mécanismes, constructions pour systèmes d'ingénierie, organisation, groupes de personnes, organisation de divers événements, adoption de lois pour diverses formalités, etc. sont tous des problèmes liés à la sphère commerciale.

Alors que pendant l'étape de la mise en œuvre, nous nous occupons principalement de la réalisation matérielle des idées, nous rencontrons tout de même certains problèmes dont la résolution requiert des expérimentations mentales, de l'analyse et la génération de Solutions Conceptuelles supplémentaires. En d'autres termes, nous avons besoin du même mécanisme de résolution de problèmes que celui qui nous a permis d'obtenir les Solutions Conceptuelles acceptées pour la réalisation de prototypes.

Une fois les tests achevés, les problèmes résolus et la décision prise de passer de l'étape du prototype à celle de la mise en œuvre, nous sommes à nouveau confrontés à une situation dans laquelle il est nécessaire de résoudre les problèmes qui surgissent. Et nous pouvons, encore une fois, utiliser le mécanisme d'obtention d'une Solution Conceptuelle que nous avons utilisé pour obtenir les solutions adaptées à la réalisation d'un prototype. Généralement, la réalisation de prototypes à partir de certaines idées conceptuelles additionnelles peut s'avérer nécessaire.

Ainsi, nous pouvons décrire, de manière générale, le processus de travail sur un problème de la situation initiale au point où une solution est mise en pratique. Ce processus comprend trois étapes :

1. Simulation mentale d'une situation problématique afin d'obtenir une Solution Conceptuelle.
2. Simulation de grande envergure ou vérification expérimentale des Solutions Conceptuelles obtenues à l'étape de la simulation mentale afin d'obtenir un prototype matériel bien testé de la Solution Conceptuelle.
3. Mise en œuvre d'un prototype finalisé et utilisation dans la situation réelle pour laquelle il a été conçu.

Cela n'est que l'un des schémas les plus généraux de TRIZ-OTSM, présentant les différentes approches du processus de la transformation d'une Description de Situation Problématique Initiale en une production concrète de la Solution Mise en Œuvre (matérielle ou non matérielle) ou d'actions conformes à un certain plan.

Nous appelons ce schéma Ligne de Solution :

- Description de Situation Problématique Initiale – sans solution acceptable.
- Solution Conceptuelle (Solutions Partielles, Convergées et Satisfaisantes) – description d'une solution acceptée pour la réalisation d'un prototype ou la mise en œuvre.
- Solution Prototypée –prototype testé accepté pour la mise en œuvre.
- Solution Mise en Œuvre – résultat désirable atteint et accepté.

La Description de la Situation Problématique Initiale est souvent confuse. On ne connaît pas toujours clairement les objectifs et les moyens à disposition. Il n'y a qu'une description de certains inconvénients – certains Effets Indésirables de quelque chose qu'il faut éliminer ou changer.

La Solution Mise en Œuvre est un produit spécifique qui élimine la situation problématique initiale. Ce problème peut être de différentes natures :

- Matériel : par exemple, certains appareils électroniques, machines mécaniques ou bâtiments.
- Non matériel : par exemple, des théories et des méthodes, certains sentiments d'une personne contemplant une image ou tout autre œuvre d'art.
- Des actions déjà réalisées conformément à un certain plan pour atteindre un certain but ou des actions ayant permis d'atteindre ce but.
- Une combinaison des produits mentionnés ci-dessus.

L'objectif de l'approche TRIZ-OTSM est de permettre la transition de la Description de la Situation Problématique Initiale à une Solution Conceptuelle. C'est l'objectif principal de cette approche et c'est ce qui fait d'elle une niche dans le processus de résolution de problèmes. En même temps, puisque certains problèmes apparaissent assez souvent aussi bien lors du passage vers la Solution Prototypée que lors du passage vers la Solution Mise en Œuvre, on peut dire que l'approche TRIZ-OTSM est applicable à toutes les étapes de la résolution d'un problème – de la Description de la Situation (Problématique) Innovante Initiale à la Solution Mise en Œuvre. De la même manière que l'on utilise les mathématiques pour l'estimation et l'évaluation des concepts, des calculs sont nécessaires pour la création d'un prototype et pour le passage d'un prototype à une Solution Mise en Œuvre. Tout comme les mathématiques, l'approche TRIZ-OTSM peut être utilisée pour toutes sortes de problèmes survenant en raison de certains phénomènes indésirables ou situations insatisfaisantes, et elle permet d'obtenir des idées conceptuelles sur la manière de réduire (éliminer) ces phénomènes ou modifier la situation indésirable.

On peut classer, de la manière suivante, les principaux types de solutions utilisées dans le cadre de l'approche TRIZ-OTSM pour l'analyse de la situation problématique :

1. **Description de la Situation Problématique Initiale** – description de quelque chose d'indésirable sans solution acceptable quant à la manière de l'éliminer.
2. **Solution Conceptuelle** – description d'une solution acceptée pour la réalisation d'un prototype ou la mise en œuvre.
  - 2.1. **Solutions Partielles Conceptuelles** – apparaissent suite à l'étape d'analyse du processus de résolution de problèmes.
  - 2.2. **Solution Conceptuelle Convergée** - apparaissent suite à l'étape de synthèse du processus de résolution de problèmes.
  - 2.3. **Solution Conceptuelle Satisfaisante** ou juste **Solution Conceptuelle – Solution Convergée** ayant passé le test des expérimentations mentales ou des simulations par ordinateur et ayant été acceptées pour la réalisation de prototypes ou la mise en œuvre.
3. **Solution Prototype** – prototype testé accepté pour la mise en œuvre.
4. **Solution Mise en Œuvre** – résultat de la résolution de problème mise en œuvre et acceptée.

### **1.3.3 Modèles pour la représentation des Éléments de Situations Innovantes (Problématiques)**

#### **1.3.3.1 Modèle ENV**

##### **Théorie :**

Le modèle ENV basé sur OTSM est l'un des deux modèles les plus importants pour la compréhension à la fois des théories et des instruments utilisés pour la résolution efficace de problèmes : TRIZ Classique et OTSM.

Mais alors qu'est-ce qu'un modèle ENV ? Pour quelle raison a-t-il été introduit et comment ce modèle théorique peut-il être utilisé pour les besoins pratiques de la vie quotidienne ?

## Définition :

ENV signifie : Élément – Nom de la propriété – Valeur de la propriété.



## Théorie :

Le modèle ENV est dédié à la formalisation de la description des éléments de la situation problématique qui doit être analysée. C'est l'une des fonctions de l'Opérateur Système (OS) TRIZ Classique (voir : Opérateur Système) et de l'Opérateur Système Avancé (OSA) développé au cours de la transition de TRIZ Classique à OTSM. L'Opérateur Système de TRIZ Classique est devenu un composant d'un Opérateur Système Avancé et l'OSA a, à son tour, été intégré au modèle OTSM ENV en tant qu'un de ses composants.

L'utilisation du modèle ENV pourrait simplifier la compréhension de nombreuses nuances de TRIZ Classique et du fonctionnement des instruments pratiques. En outre, elle rend le processus éducatif plus logique et plus transparent. Toutes les classifications que nous appliquons dans le contexte des processus de résolution de problèmes avec TRIZ-OTSM se fondent sur le modèle ENV, ainsi que tous les instruments de TRIZ Classique et OTSM inhérents à ce modèle. Cela est également utile lorsque le besoin se fait sentir de combiner un instrument particulier de TRIZ Classique ou d'OTSM avec d'autres instruments pour le travail intellectuel comme Six Sigma, la méthode Taguchi, QFD, d'autres outils pour la planification stratégique et la gestion de projet, la gestion de la connaissance et divers systèmes informatiques pour le traitement des connaissances, la Programmation Neurolinguistique (PNL) et bien d'autres. Voici une raison supplémentaire pour laquelle cette méthode apparaît dans TRIZ-OTSM : la simplification de l'intégration de TRIZ-OTSM avec divers instruments complémentaires soutenant l'activité intellectuelle humaine et informatique de la réflexion humaine.

Le modèle OTSM ENV présente trois fonctions principales :

- Formaliser les descriptions d'éléments impliqués dans la situation innovante.
- Simplifier l'enseignement en rendant les liens entre tous les modèles théoriques et les instruments de TRIZ-OTSM transparents.
- Simplifier l'intégration de TRIZ Classique et de ses instruments avec d'autres instruments complémentaires créés pour soutenir les activités intellectuelles de l'humain et de l'ordinateur.

Les trois composants principaux du modèle ENV sont :

- Élément
- Paramètre
- Valeur.



## Exemple :

Dans le contexte de notre vie de tous les jours, nous utilisons simplement une version simplifiée du modèle ENV (Figure 2 : Modèle « Élément – Caractéristique »). Lorsque nous décrivons une pomme à quelqu'un qui n'a jamais vu de pomme auparavant ou que nous expliquons le sens du mot « pomme » à des étrangers, nous disons que c'est un fruit ; assez dur ; peut-être vert, jaune ou rouge ; est généralement assez sucré, mais pas trop ; rond ou ovale ; pousse sur des arbres, etc.

Pour beaucoup de cas courants, cela est suffisant et pratique pour la communication sur n'importe quel sujet de la réalité ou de notre imagination. C'est le modèle Élément-Propriété.

**Modèle :**

**Name of an element and list of its features.**

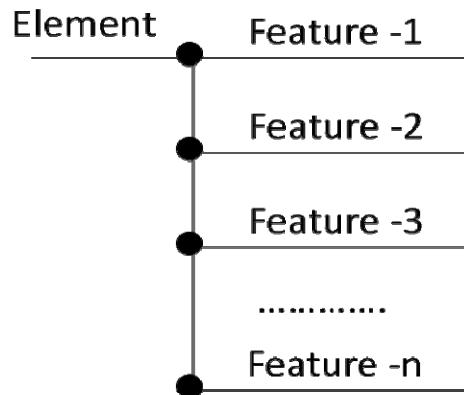


Figure 2 : Modèle « Élément-Caractéristique ».

*Traduction figure 2*

*Nom d'un élément et liste de ses caractéristiques*

*Élément              Caractéristique -1              Caractéristique -2 ...*

**Théorie :**

Cependant, pour surmonter l'inertie mentale et résoudre la situation problématique (innovante) de manière efficace, il vaut mieux utiliser un modèle plus détaillé dans lequel les caractéristiques sont divisées en Nom de la propriété et Valeur de la propriété présentées en tant que nom du paramètre et valeur du paramètre.

Veuillez noter que dans le cadre de TRIZ-OTSM, nous considérons le terme caractéristique comme synonyme de : paramètre, variable, propriété, etc. ; en d'autres termes, tout ce que nous utilisons pour décrire un certain Élément pouvant être présenté comme un Nom et une liste de ses Valeurs.

**Modèle :**

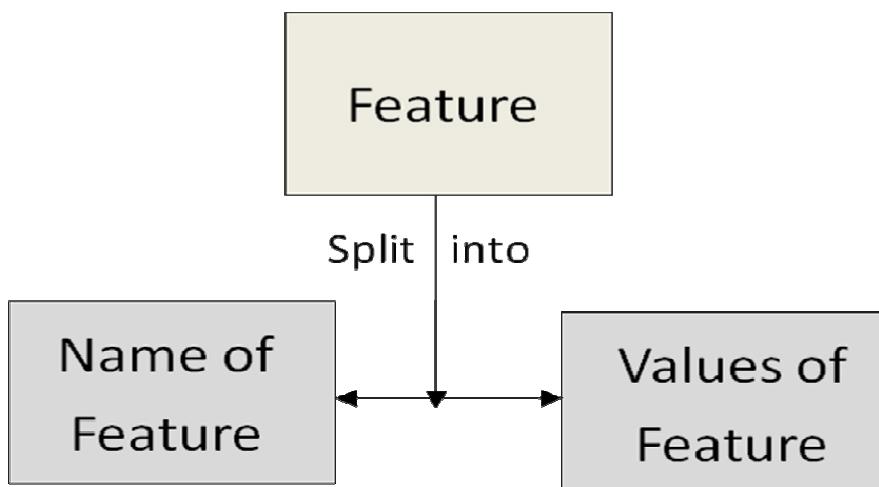


Figure 3 : Caractéristique Divisée en Nom d'une Caractéristique et Valeurs de la Caractéristique  
Traduction figure 3:

*Caractéristique    Divisé en              Nom de la caractéristique              Valeurs de la caractéristique*

### Exemple :

Élément : pomme – pourrait être considérée comme un ensemble de paramètres importants : type de plante ; dureté ; couleur ; niveau de sucre ; forme ; type de plante sur laquelle elle pousse, etc.

Chacun de ces paramètres pourrait avoir une valeur spécifique : le type de plante a une valeur – fruit ; la dureté a une valeur – assez dur ; la couleur pourrait avoir plusieurs valeurs – vert, jaune, rouge ; le niveau de sucre a une valeur – assez sucré mais pas trop ; la forme a une valeur – rond ou ovale ; plante sur laquelle elle pousse – arbre.

## Model: Element - Name – Value (ENV)

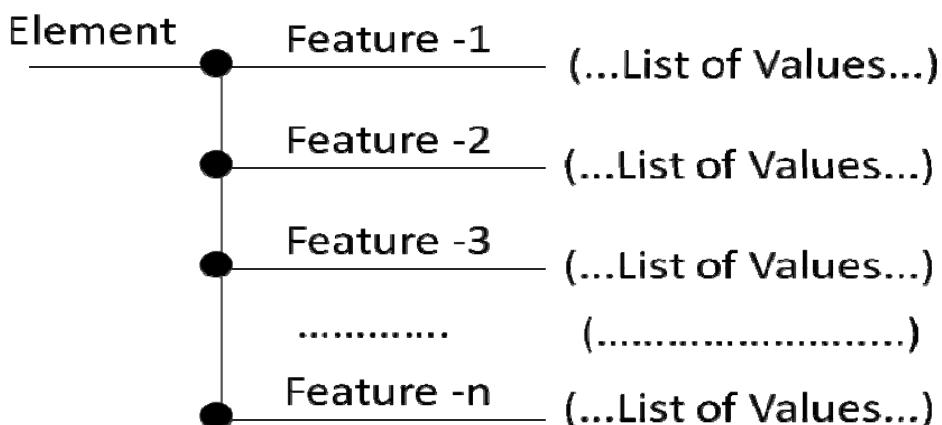


Figure 4 : Modèle Général « Élément – Nom – Valeur » (ENV)

*Traduction figure 4*

<i>Élément</i>	<i>Caractéristique – 1 Liste des valeurs</i>	<i>Caractéristique – 2 Liste des valeurs</i>
----------------	--	--

### Théorie :

Pour être significatif, chacun des paramètres utilisés pour décrire un certain objet doit avoir d'autres valeurs possibles dans d'autres éléments du monde. En d'autres termes, lorsque nous disons que la propriété « couleur » d'une pomme peut présenter les valeurs « rouge, jaune et vert », nous fournissons suffisamment d'informations utiles si d'autres objets du monde peuvent présenter différentes couleurs (par ex. violet, orange, bleu, etc.).

Le modèle ENV doit être considéré comme un espace multidimensionnel de paramètres. Cette perception du modèle ENV apporte beaucoup d'avantages permettant d'augmenter le niveau de formalisation dans le cadre du travail visant à résoudre des problèmes interdisciplinaires complexes.

Le concept de Contradiction dans TRIZ Classique nous montre exactement quels paramètres de quels éléments doivent changer leur valeur, et les Règles de Convergence introduites dans TRIZ Classique par Igor Vertkin [Igor Vertkin. Механизмы свертывания технических систем.] peuvent nous aider à transférer ces caractéristiques à d'autres éléments d'un système et à éléver le niveau de perfection d'un système initial donné.

Utiliser le modèle ENV dans le cadre de l'enseignement de TRIZ Classique pour décrire divers éléments (composants) permet d'améliorer la clarté des explications, la compréhension de ce que ces éléments ont en commun et la capacité à distinguer ces éléments (composants) les uns des autres.

Finalement, et ce point n'est pas des moindres, les notions d'Élément, de Paramètre et de Valeur ne sont pas quelque chose d'absolu, mais quelque chose de relatif. Dans un cas spécifique, « rouge » pourrait être considéré comme un élément à améliorer en termes de propriétés : répartition de la surface colorée (valeurs possibles : uniforme ; tâches ; lignes ; cercles) ou saturation de la couleur rouge (valeurs possibles : saturation haute ; saturation moyenne ; saturation basse ; saturation de ciel de coucher de soleil ou saturation de rose rouge foncé, etc.). Ce relativisme se fonde sur l'Axiome de Situation Spécifique de TRIZ Classique et contribue à la mise en œuvre de cet axiome théorique sous la forme d'un instrument pratique utile pour surmonter l'inertie mentale et développer des solutions conceptuelles satisfaisantes.

Le modèle ENV simplifié décrit ci-dessus est parfaitement adapté à TRIZ Classique. Cependant, pour des applications plus avancées et des problèmes plus complexes, il est nécessaire d'étudier la Structure Fractale d'un modèle ENV.

### **1.3.3.2 Élément (composant)**

(Voir aussi : modèle ENV)

**Définition :**



Dans le contexte de TRIZ-OTSM, nous considérons comme Élément toute chose à laquelle nous pouvons penser. Que ce soit substantiel ou non substantiel, que l'on puisse le toucher ou le sentir directement, indirectement ou pas du tout, qu'il s'agisse de quelque chose d'imaginaire que l'on trouve dans les contes de fées ou la fiction, tout cela n'a pas d'importance.

**Exemple :**

Exemples d'éléments du monde réel : les arbres, l'herbe, les êtres humains, les systèmes techniques.

Exemple de modèles qui ont été ou qui sont encore utilisés dans les représentations scientifiques du monde : la phlogistique, la théorie de la relativité, les lois objectives de la nature, les mathématiques, etc.

### **1.3.3.3 Paramètre (variable, synonymes : propriété, caractéristique, etc.)**

(Voir aussi : modèle ENV.)



**Définition :**

Dans le contexte de TRIZ-OTSM, un paramètre appartient toujours à un certain Élément et a au moins deux valeurs différentes.

**Exemples :**

Élément : couleur

Paramètre : saturation

Le paramètre peut avoir différentes valeurs : rouge comme un coucher de soleil en été, rouge comme une rose rouge foncé, rouge comme une tomate, ou encore rouge comme un flamant rose.

Élément : énoncé

Paramètre : vrai

Le paramètre peut avoir deux valeurs : vrai et faux.

Mais vrai en tant qu'Élément peut être caractérisé par une série de paramètres. Par exemple : niveau de paramètre de vrai : entièrement vrai, partiellement vrai, absolument pas vrai ; la durée du paramètre pendant laquelle quelque chose peut être vrai ou non : l'existence de la phlo-

gistique était reconnue comme une vérité avant la formulation de la théorie de la thermodynamique, et aujourd’hui la phlogistique n’est plus considérée comme vraie.

#### 1.3.3.4 Valeur

(Voir aussi : modèle ENV.)

#### Théorie :

Chaque Paramètre (variable) appartenant à un certain Élément peut avoir une série limitée de valeurs parmi les valeurs possibles pouvant être associées à ce Paramètre (d’un minimum de deux valeurs au moins à un nombre illimité de séries de valeurs).

#### 1.3.3.5 Opérateur Système (le Schéma multi-écrans de la Pensée Avancée)

#### Théorie :

L’Opérateur Système (OS) ou, comme Genrich Altshuller l’avait baptisé, le Schéma multi-écrans de la Pensée Avancée, montre le modèle de la pensée avancée dans le cadre d’un processus de résolution d’un problème (Figure 5 : Opérateur Système (OS) ou Schéma multi-écrans de la Pensée Avancée de TRIZ Classique). Apprendre ce modèle et développer des compétences appropriées pour l’utiliser en pratique est le noyau du programme d’enseignement d’Altshuller. C’est pour cela qu’ARIZ a été créé. Altshuller mentionnait souvent qu’ARIZ était un schéma multi-écrans de pensée avancée présenté sous forme de ligne d’analyse de la situation problématique. Cela signifie que le but ultime de l’apprentissage d’ARIZ est d’apprendre la manière la plus efficace d’utiliser l’Opérateur Système pour la résolution d’un problème.

#### Modèle :

### Classical TRIZ Schema of Powerful Thinking

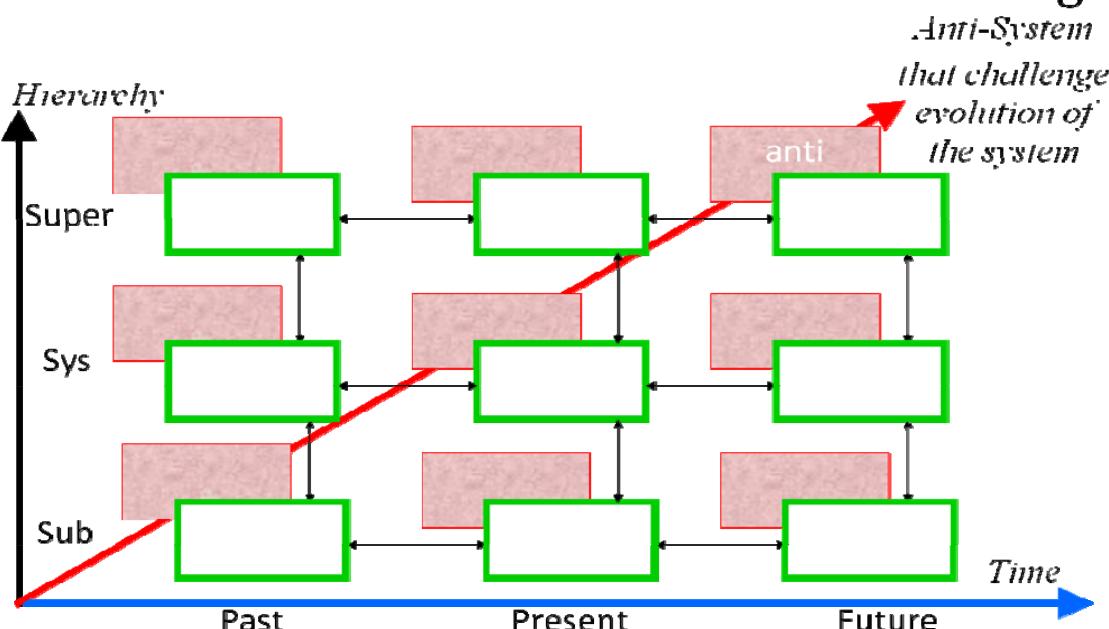


Figure 5 : Opérateur Système ou Schéma multi-écrans de Pensée Avancée de TRIZ Classique.

Traduction figure 5

Schéma de Pensée Avancée de TRIZ Classique :

Hierarchie Super Sys Sous

Passé Présent Futur Temps

Antisystème qui défie l'évolution du système

## Théorie :

L'Opérateur Système pourrait être considéré comme un espace tridimensionnel :

- Dimension du niveau Hiérarchique du Système : quel que soit l'élément que nous prenons en compte (Système), il est toujours possible de considérer ses parties constituantes (Sous-systèmes) ainsi que l'environnement auquel il appartient (Super-système) ;
- Dimension Temporelle : quel que soit l'intervalle temporel pris en compte pour une certaine analyse ou description (Présent), il doit être considéré comme la phase d'une séquence, et donc avec un passé et un futur ;
- Dimension des Antisystèmes : quelle que soit la propriété d'un élément qui est pris en compte, cette dimension propose d'observer les valeurs opposées de la même propriété (Anti-Propriété) ; de la même manière, une combinaison d'Anti-Propriétés caractérise un Antisystème.

Pour des besoins pratiques, il est utile de traiter ces trois dimensions en tant que composition de plusieurs dimensions. Par exemple, en pratique, nous sommes souvent confrontés à une situation où un Élément appartenant à plusieurs hiérarchies de systèmes. L'airbag dans la voiture appartient au tableau de bord ou aux portes ou au volant, mais il appartient, en même temps, au système de sécurité de la voiture.

Un autre exemple : selon la situation spécifique, il est possible de considérer la dimension temporelle comme un moment de l'histoire (si nous étudions l'évolution de certains systèmes), un moment du processus (lorsque nous étudions une chaîne d'événements avec leurs relations de cause à effet), le cycle de vie d'un élément d'un système, ou bien par rapport à la vitesse et à l'accélération si ces variables sont pertinentes pour la situation spécifique.

L'Opérateur Système peut être utilisé comme un outil en lui-même avec différentes fonctions au sein du processus de résolution de problème. Par exemple, pendant les phases préliminaires d'un processus de résolution de problème, tandis que nous cherchons des problèmes indirects dont les solutions nous permettent d'obtenir le même objectif global, une vision multi-écrans permet d'orienter la pensée de la prévention de la cause à la compensation ou la réduction des effets. C'est également un moyen de changer l'échelle de l'espace de solution afin d'éviter l'inertie psychologique. De plus, lorsque nous recherchons des ressources, l'Opérateur Système nous aide à focaliser notre attention sur tout aspect pertinent du système et de son environnement en analysant toute étape temporelle à tous les niveaux de détail grâce à une approche systématische.

Utiliser ARIZ nous permet de comprendre quel type de dimension temporelle du Schéma multi-écrans de la Pensée Avancée de TRIZ Classique est le plus adapté. Lorsque nous utilisons l'Opérateur Système directement, par exemple pour l'Analyse de Ressources à l'étape 2.3 d'ARIZ-85-c ou pour la compréhension d'une situation innovante initiale, il est nécessaire de distinguer clairement l'Opérateur Système pour l'Élément et l'Opérateur Système pour le Système. Quelle est la différence ?

Pour utiliser l'OS dans le cadre du système, nous devons clairement formuler la Fonction du système à considérer. Dès que la Fonction est identifiée, nous identifions automatiquement le Produit du système. En nous basant sur le Produit et la Fonction, nous pouvons identifier des sous-systèmes : l'Outil, la Transmission, le Moteur et l'Unité de Contrôle pour les systèmes techniques.

Au cours de l'évolution de TRIZ Classique, Altshuller tira la conclusion que davantage de dimensions devaient être introduites dans un OS classique. Cependant, il ne put trouver de représentation graphique permettant de représenter plusieurs dimensions supplémentaires dans l'OS Classique.

### 1.3.3.6 Modèles TRIZ-OTSM du processus de résolution de problème

#### Introduction :

L'approche de résolution de problème TRIZ-OTSM peut être représentée par un nombre de modèles, ce qui clarifie sa structure et ses particularités.

Avec le modèle ENV, les modèles ci-dessous constituent l'essence inhérente à tous les instruments, aussi bien de TRIZ Classique que de TRIZ-OTSM.

Une des toutes premières idées pour l'amélioration du processus de résolution de problème consistait à changer le stéréotype fondamental qui était – et qui est encore – très populaire et sous-jacent à toutes les Méthodes de Résolution de Problèmes Créatifs : il est nécessaire de générer autant d'idées différentes et inhabituelles que possible, puis de sélectionner celles qui pourraient permettre de résoudre le problème spécifique. Genrich Altshuller décrivit et exagéra la contradiction que soulève ce paradigme : plus nous générerons de solutions différentes, plus il nous faudra de temps pour évaluer les solutions satisfaisantes adaptées à notre situation (problématique) inventive spécifique. L'Objectif Ultime de TRIZ Classique trouve ses racines dans cette contradiction : créer une méthode de résolution de problème qui génère une seule solution qui sera une solution satisfaisante pour une situation problématique (innovante) spécifique.

Nous devrions mentionner que tous les modèles décrits ci-dessous étaient dédiés au développement d'instruments plus précis basés sur ces modèles. Cependant, tous ces modèles peuvent être utilisés comme instruments pour des besoins pratiques.

### 1.3.3.7 Modèle “Entonnoir” du processus de résolution de problème avec TRIZ

#### Théorie :

À partir de l'Objectif Ultime d'une méthode capable de générer une seule solution résultant du processus, la première idée générale qui apparaît quant au processus de résolution de problème est : le modèle « Entonnoir ». On observe un grand nombre de données introduites au début du processus de résolution de problème pour l'observation et l'analyse de la situation problématique (inventive) initiale, et une sortie étroite à la fin du processus de résolution de problème avec une solution satisfaisante. Le processus de résolution de problème doit être localisé à l'intérieur de cet Entonnoir et éviter des essais et des erreurs inutiles à ceux qui cherchent à résoudre un problème. Il convient de dire que ce modèle n'est pas encore achevé à 100%, mais que de grandes choses ont été réalisées par Altshuller et ses disciples dans ce sens. Au cours de l'évolution de TRIZ Classique et de sa transition vers OTSM, le modèle « Entonnoir » prit l'apparence suivante (voir : Figure 6 : Modèle « Entonnoir » du Processus de Résolution de Problème).

#### Modèle :

#### “Funnel” Model of a problem solving Process

*Traduction figure 6*

Modèle « Entonnoir » du Processus de Résolution de Problème

Problème

Ligne de RPD

Ligne de contradiction

Ligne de ressources SI

Humain

Nature

Point de vue : du Problème à la Solution Satisfaisante

Solution Satisfaisante

Solution

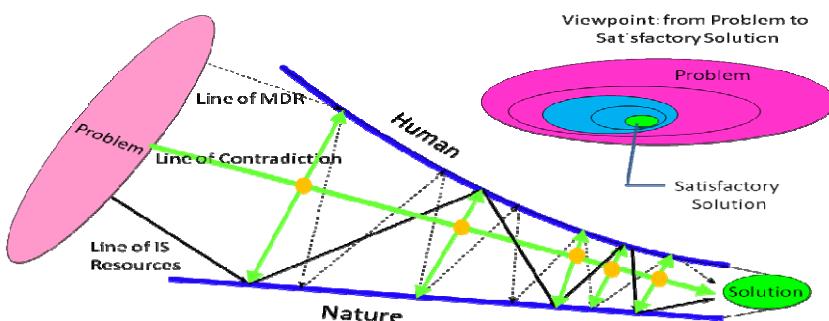


Figure 6 : Modèle « Entonnoir » du Processus de Résolution de Problème

Aujourd’hui, les modèles « Entonnoir » sont surtout utilisés à des fins éducatives pour expliquer, de manière générale, ce qui se passe dans l’esprit d’un professionnel de TRIZ-OTSM au cours du processus de résolution de problème.

On pourrait dire que chaque étape du processus et chaque instrument spécifique poussent la personne qui doit résoudre le problème un peu plus loin à travers l’Entonnoir d’une manière toute particulière.

Donc : lorsque vous apprenez TRIZ, vous devriez porter une attention toute particulière à la question : « De quelle manière l’instrument que j’utilise suit-il le Modèle Entonnoir ? Comment pouvons-nous resserrer la zone d’analyse afin d’éviter des essais et des erreurs inutiles mais d’obtenir une solution satisfaisante en découvrant la racine profonde d’un certain problème et en l’éliminant ?

En d’autres termes, le processus de résolution de problème doit viser la réalisation du portrait-robot de la solution : chaque étape est finalisée pour la définition de Valeurs adéquates des Propriétés pertinentes des éléments du système constituant la solution au problème inventif auquel nous sommes confrontés. Cela signifie également que la personne qui résout le problème doit éviter de « deviner » la solution lorsque le processus est toujours en cours : tous les indices doivent être collectés de manière systématique pour éviter de restreindre le domaine des solutions possibles.

### 1.3.3.8 Modèle « Tongs » de TRIZ-OTSM Moderne

#### Théorie :

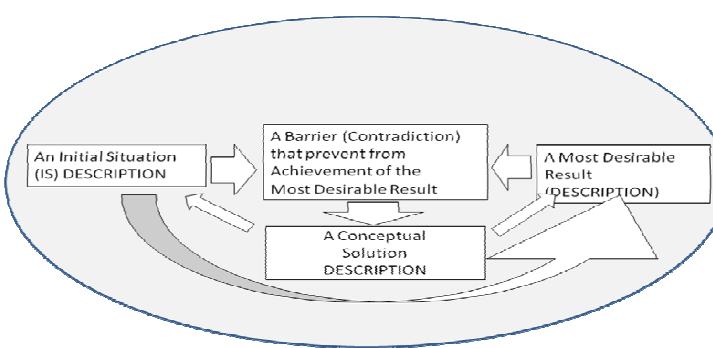
Historiquement, ce modèle était le premier modèle pratique du processus de résolution de problème proposé et mis en œuvre au tout début de l’évolution de TRIZ (voir : Figure 7 : Modèle « Tongs » Simplifié du Processus de Résolution de Problème avec TRIZ).

Le modèle « Tongs » propose d’éviter la génération de solutions possibles directement à partir de la Situation Initiale. De plus, la première étape devrait consister en l’identification et la description précise du Résultat le Plus Désirable (RPD) ; ensuite, une comparaison entre, d’une part, la situation réelle et les ressources disponibles et, d’autre part, le RPD permet l’identification des barrières empêchant la réalisation du RPD lui-même. D’après la théorie TRIZ, toute barrière peut être décrite et modélisée en termes de contradictions. La solution conceptuelle doit ainsi être générée pour permettre de surmonter les contradictions inhérentes au système courant.

#### Modèle :

Les ovales sur la Ligne de Contradiction peuvent être considérés comme le modèle « Tongs » de la Figure 6 : Modèle « Entonnoir » du Processus de Résolution de Problème.

On peut dire la même chose du modèle « Montagne » : il y a des ovales sur la pente gauche de la « montagne » (voir : Figure 8 : Modèle « Montagne » du Processus de Résolution de Problème avec TRIZ).



*Traduction figure 7*

*DESCRIPTION d’une Situation Initiale (SI)*  
*Une Barrière (Contradiction) qui empêche la Réalisation du Résultat le Plus Désirable*  
*DESCRIPTION d’une Solution Conceptuelle*  
*DESCRIPTION du Résultat le Plus Désirable*

*Figure 7 : Modèle « Tongs » simplifié du Processus de Résolution de Problème avec TRIZ.*

## 1.3.3.9 Modèle « Montagne » de TRIZ Classique

### Introduction :

Au milieu des années 70, Genrich Altshuller proposa un nouveau modèle du processus de résolution de problème. Ce nouveau modèle comprend toutes les modifications d'ARIZ jusqu'à ARIS-85-C. Finalement, ce modèle fut baptisé modèle « Montagne » du processus de résolution de problème. Le modèle « Tongs » apparaît dans le modèle « Montagne » sur la pente gauche de la « montagne » comme l'un des éléments de ce modèle.

### Théorie :

Le modèle Montagne énonce que la première partie du processus de résolution de problème consiste en une généralisation du problème à l'aide d'un processus d'abstraction visant à transformer un problème non-typique en un modèle standard d'un problème. D'après la théorie TRIZ, il y a deux types de problèmes principaux : une interaction insatisfaisante entre deux éléments de notre système (c'est-à-dire une fonction insuffisante ou néfaste identifiée à travers un modèle Su-field) ou une contradiction.

Après avoir réalisé un modèle général du problème, les instruments TRIZ permettent l'identification de modèles candidats de la solution, qui seront finalement adaptés au contexte de la situation spécifique par rapport aux ressources disponibles (partie droite de la montagne).

D'une part, le modèle Montagne nous permet d'utiliser le modèle Tongs plus efficacement et d'autre part, il introduit une nouveauté importante dans le processus de résolution de problème : la transition entre les différents niveaux de généralisation. Au début du processus de résolution de problème, nous reformulons le problème plusieurs fois d'après les règles du modèle Tongs, mais à chaque fois, nous augmentons le niveau de généralisation. Ce processus d'abstraction nous entraîne vers une description plus générale du problème et, suite à cette généralisation, il est plus aisé de trouver une analogie directe entre des problèmes qui semblent différents.

### Exemple :

Par exemple, deux problèmes connus et très populaires dans le monde de TRIZ moderne sont les problèmes de l'hydroptère qui est détruit sous l'effet de cavitation dans l'eau, et le problème consistant à empêcher les grands singes de manger des oranges. Au début, les deux situations semblent totalement différentes. Mais après avoir utilisé le modèle Montagne et les généralisations, nous obtenons le même modèle de problème pour les deux situations innovantes : deux objets et une interaction néfaste entre eux. Le système d'Altshuller de solutions inventives standards proposé dans ce cas utilise un médiateur, ce qui représente une modification de l'une des substances ou du mélange des deux. C'était l'une des fonctions principales des modifications d'ARIZ avant ARIS-85-C : généraliser la description de la situation initiale et utiliser les solutions typiques de TRIZ



*Author: de Bentzer Ulbrahe (source: [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org))*

ou toute autre solution disponible. En d'autres termes, cela signifie la transformation d'un problème non-typique en un problème typique bien connu. Cette approche améliore considérablement l'efficacité des instruments de TRIZ Classique. Cependant, de nouvelles classes de problèmes apparaissent très rapidement : des problèmes qui ne peuvent pas être transformés en problèmes typiques. Quel modèle efficace du processus de résolution de problème y a-t-il pour ces problèmes compliqués ? ARIZ-85-C est la réponse à cette question. Cette version d'ARIZ introduit une nouvelle courbe en S des instruments de TRIZ Classique pour la résolution de problème et nous mène finalement à un nouveau modèle du processus de résolution de problème au cours du passage de TRIZ Classique à OTSM : le Modèle de Flux de Problème d'OTSM.

### Modèle :

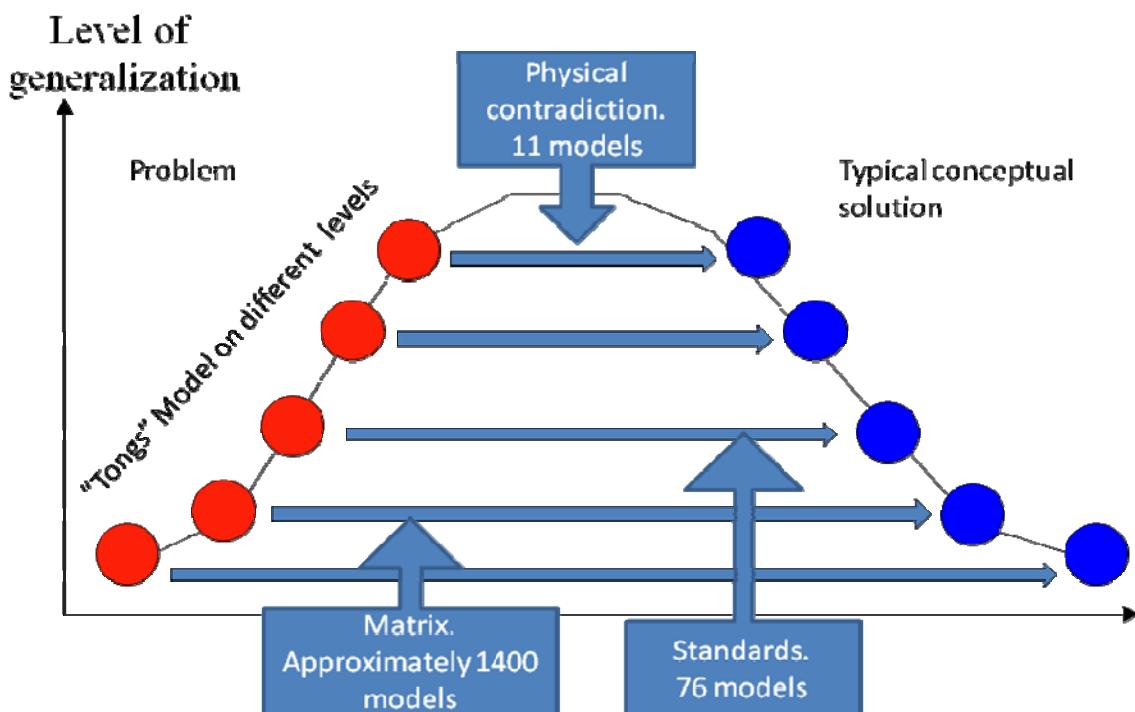


Figure 8 : Modèle « Montagne » du Processus TRIZ de Résolution de Problème  
Traduction figure 8

Niveau de généralisation Problème  
Contradiction physique – 11 modèles  
Standards. 76 modèles

Modèle « Tongs » à différents niveaux  
Matrice. Environ 1400 modèles  
Solution Conceptuelle Typique

### 13.3.10 Modèle « Contradiction »

#### Introduction :

Considérons maintenant une série de problèmes de conception dont les exigences concernent deux paramètres d'évaluation appelés PEI et PEII. Un point sur la Figure 10 représente une solution à ces problèmes. Ces solutions sont représentées avec une série d'alternatives techniques dont les éléments sont connus des concepteurs. Ces solutions sont décrites par une série de paramètres de conception. Les paramètres d'évaluation dépendent des paramètres de conception. Appelons PEI-pc et PEII-pc la série de paramètres qui influence les valeurs respectivement de PEI et de PEII. PEI-pc et PEII-pc sont définis par la série d'alternatives techniques.

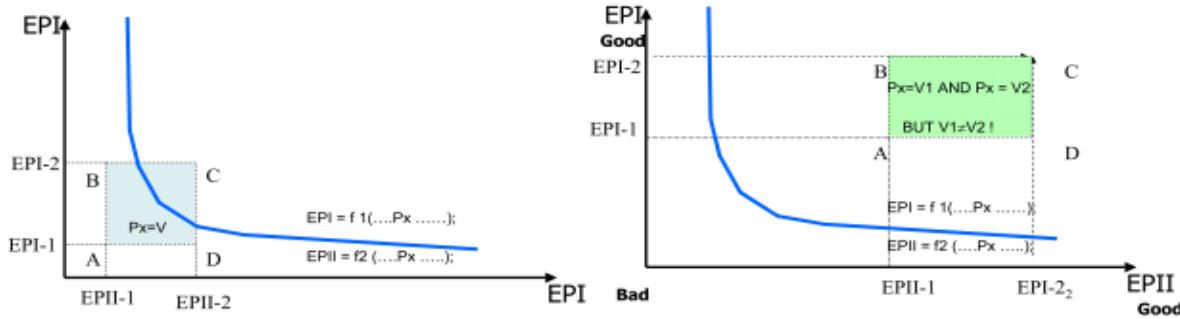


Figure 10 : gauche : « Situation d'optimisation » ; droite : « Situation d'innovation »

Dans la première situation, l'objectif des valeurs PEI et PEII est d'être dans la fourchette [PEI-1, PEI-2] et [PEII-1, PEII-2] respectivement. Ainsi, une solution atteint l'objectif lorsqu'EPI et PEII définissent un point à l'intérieur du rectangle ABCD sur la Figure 10, à gauche. S'il n'y a pas de paramètres de conception communs entre les paramètres d'évaluation (c'est-à-dire :  $PEI\_pc \cap PEII\_pc = \emptyset$ ), ils sont indépendants et il n'y a pas de problème pour atteindre n'importe lequel des points du rectangle ABCD. Mais lorsqu'au moins un paramètre de conception influence les deux paramètres d'évaluation PEI et PEII, alors ils sont dépendants. Cette relation de dépendance restreint la zone de solutions faisables dans l'espace d'évaluation ; cela est représenté par une courbe sur la Figure 10, à gauche. Lorsque la situation de la relation entre les paramètres empiète sur la zone d'exigences, comme sur la Figure 10 à gauche, trouver une solution peut être considéré comme un problème d'optimisation. Dans cet exemple, le paramètre commun est appelé Px et chaque valeur V de Px définit un point sur la courbe. Le problème est alors de trouver les valeurs de Px qui permettent aux paramètres d'évaluation PEI et PEII de répondre conjointement aux exigences. Nous pouvons ensuite entrer dans le processus de décision en ajoutant des préférences relatives aux paires de paramètres d'évaluation.

Observons maintenant une deuxième situation, résumée sur la Figure 10, à droite : la seule différence avec la situation précédente est que la zone visée pour les paramètres d'évaluation n'empiète pas sur la zone des solutions possibles définie par les paramètres de conception. Cette relation entre les paramètres d'évaluation dus aux solutions techniques connues et la/les loi(s) naturelles créant le lien entre les paramètres reste la même. C'est pourquoi il n'est pas possible de trouver une solution en utilisant ce modèle de relation entre les paramètres d'évaluation, et un nouveau paradigme, dans lequel la relation entre eux empiète sur les exigences, est nécessaire. Deux approches principales, qui peuvent être appliquées en synergie, peuvent être utilisées pour effectuer cet empiètement. La première consiste à changer les valeurs des préférences et de conserver les deux séries d'alternatives techniques et la structure du système. La seconde méthode consiste à modifier la série d'alternatives techniques et la structure du système en élargissant la connaissance et en inventant ce que l'on appelle, dans le jargon TRIZ, des solutions non typiques. Suite à ce processus, de nouvelles courbes sont générées entre les paramètres d'évaluation. Si elles empiètent sur la zone de préférence, nous retournons à une situation d'optimisation.

## Théorie :

Il est possible de généraliser les exemples précédents concernant la relation entre les Paramètres d'Évaluation et de les exprimer de la manière suivante : le fait que deux paramètres d'évaluation soient liés signifie qu'il existe au moins un paramètre commun duquel dépendent les deux paramètres. Ces paramètres communs doivent être révélés afin de permettre le développement de nouvelles alternatives techniques et finalement d'une nouvelle structure du système.

Ainsi, dans notre exemple, le fait que PEI et PEII soient liés signifie qu'il existe au moins un paramètre Px commun duquel dépendent les paramètres d'évaluation (PEI et PEII). La raison pour laquelle il est impossible que les paramètres d'évaluation répondent aux exigences du cadre des modèles existants est la suivante : pour être adapté conjointement à une paire, Px devrait prendre deux valeurs mutuellement exclusives ; appelons-les V1 et V2. De plus, une fois les éléments partiels de la structure de préférence pris en compte, la situation peut être décrite à l'aide d'au moins trois dilemmes. Illustrons ce point à l'aide de l'exemple précédent. On considère que les éléments de préférence sont :

dans la fourchette [PEI-1, PEI-2], plus la valeur de PEI est haute, mieux c'est  
dans la fourchette [PEII-1, PEII-2], plus la valeur de PEII est haute, mieux c'est.

Les trois dilemmes qui en résultent CT1, CT2 et PC deviennent :

CT1 : lorsque la valeur PEII est bonne du point de vue des exigences, alors PEI est mauvaise.

CT2 : lorsque la valeur PEI est bonne du point de vue des exigences, alors PEII est mauvaise.

CP : lorsque la valeur Px est égale à V1, alors CT1 demeure ; lorsque la valeur Px est égale à V2, alors CT2 demeure.

Le dilemme de PC porte sur un choix entre deux valeurs mutuellement exclusives d'un paramètre qui mènent à deux options, CT1 et CT2 qui, du point de vue des exigences, ne sont pas favorables.

Le système de contradictions de TRIZ Classique n'a que trois types de contradictions (administrative, technique et physique) : CT1 et CT2 sont des *contradictions techniques* (une contradiction entre deux paramètres d'évaluation d'un système), tandis que la contradiction sous-jacente CP correspond au concept de *contradiction physique*.

### Modèle :

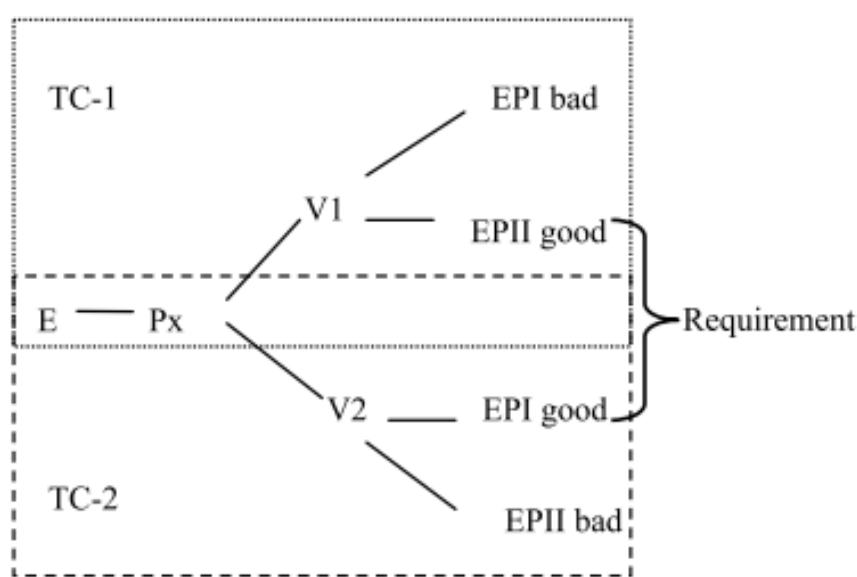


Figure 11 : Le système de contradiction de TRIZ-OTSM

Situation Problématique Non Typique

Solution Partielle

Solution Conceptuelle Satisfaisante

Solution Prototype

Solution Mise en Œuvre

## 2 Lois d'Évolution des Systèmes Techniques

### 2.0 Introduction

Savez-vous pourquoi les gens résolvent parfois leurs situations problématiques d'une mauvaise manière ?

Non seulement les écoliers et les étudiants, mais également les ingénieurs, directeurs et écrivains, les présidents et même les rois peuvent résoudre leurs problèmes d'une mauvaise manière. Vous vous souvenez certainement de quelques exemples de mauvaises solutions, ainsi que de quelques exemples de solutions créatives.

Pour trouver une réponse à cette question compliquée, nous allons vous offrir un court voyage de 33 secondes en compagnie d'Antoine de Saint-Exupéry et du Petit Prince à destination de l'astéroïde № 325 pour rendre visite au Roi.

Le Roi régnait sur tout – sa petite planète, les autres planètes et toutes les étoiles – et tout le monde lui obéissait. Un tel pourvoir émerveilla le Petit Prince ! Il demanda au Roi d'ordonner au soleil de se coucher parce qu'il voulait admirer un coucher de soleil.

« J'ordonnerai au soleil de se coucher », répondit le Roi, « mais je vais d'abord attendre que les conditions soient favorables, parce que la sagesse d'un roi repose sur une réflexion attentive ».

« Et quand est-ce que les conditions seront favorables ? », demanda la Petit Prince.

« Hem ! Hem !, lui répondit le Roi, qui consulta d'abord un gros calendrier. « Hem ! Hem ! Ce sera vers ... vers ... ce sera ce soir vers sept heures quarante. Et tu verras comme je suis bien obéi ! »

Il ne fait aucun doute que le soleil se coucha à 7h40 précisément, car c'est l'une des lois de la nature. Et le Roi était vraiment sage car il s'est comporté conformément aux lois de la nature et n'a pas enfreint ces lois.

Notre monde est fait de paradoxes. Et le plus surprenant d'entre eux est lié au fait que les gens cherchent toujours le lien entre divers processus et phénomènes, même lorsque ce lien n'existe pas ! Mais un nouveau chercheur arrive et détecte ce lien.

Les liens, c'est-à-dire les interrelations entre les processus et les phénomènes dans la nature, constituent la base de la connaissance du monde qui nous entoure et qui est important, non seulement pour diverses sciences, mais également pour notre vie quotidienne, ordinaire. Un simple exemple illustre cela. Tout conducteur sait que lorsque la route est mouillée après la pluie, les distances de freinage sont plus longues.

Avons-nous besoin, pour cela, de connaître les lois de la nature ? Pour une activité résolue et intelligente, pour faire un pas en avant, une personne doit constamment regarder vers l'avenir. Même lorsque vous marchez tout simplement dans le parc : inconsciemment, vous chercher de l'espace sur le sol pour placer votre pas suivant. Plus le chemin est escarpé, plus il requiert d'attention. Plus le système est difficile, plus les efforts nécessaires pour prédire son développement sont importants. Et ce n'est que lorsque nous avons défini les lois en fonction desquelles les systèmes se développent, que nous pouvons prédire, avec confiance, l'étape suivante du développement d'un système.

## 2.0.1 Le rôle des lois dans TRIZ

### 2.0.1.1 Les lois dans le domaine des sciences

Toute science ne devient une science, dans le sens propre du terme, que lorsqu'elle commence à décrire le monde sur la base des lois découvertes par cette science. L'astronomie devint une science lorsqu'elle découvrit les lois du mouvement des planètes. L'alchimie devint la chimie lorsqu'elle décrivit les lois de l'interaction et de la transformation des substances.

TRIZ est une science qui étudie les processus à la limite de deux objets : une personne et la technologie. La sphère de ses études inclut à la fois la réflexion d'une personne et les lois de l'évolution des systèmes techniques. Toute théorie a un caractère fondamental, mais elle développe également ses outils appliqués. TRIZ développe des outils pour la résolution de problèmes créatifs : façons de réduire un champ de recherche, méthodes de gestion consciente de processus inconscients.

Une des erreurs typiques faite quand on étudie et enseigne TRIZ, c'est que TRIZ est étudié en tant qu'un autre sujet : en tant que physique, chimie ou astronomie. Le noyau des études de ces sciences est le monde environnant, les phénomènes naturels, tandis que dans TRIZ, davantage d'attention doit être portée aux processus de pensée.

### 2.0.1.2 Lois dans TRIZ

Les lois du développement des systèmes techniques ont été publiées pour la première fois par G. S. Altshuller dans son livre *La Créativité comme Science Exacte : la Théorie de Résolution de Problèmes Inventifs* en 1979 :

1. La loi de l'intégralité des parties d'un système technique.
2. La loi de la « conductibilité énergétique » du système.
3. La loi de l'harmonisation du rythme des parties.
4. La loi de l'augmentation du niveau d'idéalité.
5. La loi du développement inégal des parties d'un système.
6. La loi de la transition vers le super système.
7. La loi de la transition du macro niveau vers le micro niveau.

La loi de l'augmentation de l'implication de Su-Field.

Si on parle de TRIZ comme d'un système, il est important de mentionner qu'il est très harmonieux. Les outils intégrés dans sa structure garantissent le fonctionnement du système. Ils sont interconnectés et reposent sur les Lois du Développement des Systèmes Techniques.

Les lois sont divisées en trois groupes : les lois de la Statique (1-3), les lois de la Cinématique (4-6) et les lois de la Dynamique (7, 8). Une telle division présente une certaine analogie avec la mécanique – une section de la physique. En considérant une *courbe en S* comme la « ligne de la vie » du développement du système technique, les phénomènes suivants sont observés. Les lois de la statique sont caractéristiques de l'étape de l'apparition du système technique ; les lois de la cinématique de l'étape du développement du système technique ; et les lois de la dynamique de l'étape de fin du développement et de la transition vers un sous-système. Le système technique se développe et change. Le modèle du système technique change également. De nouvelles suppositions apparaissent et sont prises en compte conformément à une situation concrète avec l'objectif de construire un modèle.

Ainsi, lorsque l'on calcule la vitesse de vol d'un avion d'un point à un autre, l'avion est considéré comme un point matériel. Mais lorsque l'on définit la vitesse minimale nécessaire au décollage, on étudie une situation entièrement différente, d'autres lois physiques. La puissance ascensionnelle requiert notre attention. Elle a un impact sur la conception des ailes de l'avion et sur son poids. Lors du calcul de la vitesse maximale admissible pour un atterrissage en toute sécurité, nous étudions deux objets entièrement différents. Il est très important de déterminer l'objectif et de sélectionner un modèle approprié.

### **2.0.1.3 Les caractéristiques des lois de développement du système technique aux différentes étapes du système de développement**

À l'étape de l'apparition, lors de la création d'un nouveau système technique, le système est étudié en tant qu' « objet en lui-même ». Les processus les plus importants essentiels à sa capacité à survivre se déroulent à l'intérieur du système. Dans ce cas, les suppositions sont possibles et le système est étudié séparément d'autres systèmes techniques environnants. Les questions suivantes sont résolues pour le système : être ou ne pas être ? Quel type de structure doit être utilisé ? Par analogie avec la mécanique, les lois de la statique étudient une condition d'équilibre d'un corps matériel sous l'influence des forces appliquées.

À l'étape du développement du système technique, des processus évolutionnaires sont étudiés dans le système technique, mais indépendamment des facteurs techniques et physiques qui définissent ce développement. Les processus qui définissent le développement se trouvent toujours au sein du système technique. Mais la chose la plus importante n'est plus la survie du système technique, mais le mouvement, le développement et la réalisation d'un certain niveau en comparaison avec d'autres systèmes techniques. La chose essentielle, à cette étape, est que le système technique atteigne les valeurs maximales de certains paramètres-clés. Ces paramètres-clés comprennent la vitesse de l'avion, la capacité de transport de la voiture, le nombre d'opérations réalisées par seconde par l'ordinateur.

À l'étape de la fin du développement, les lois de la transition vers un nouveau système se placent au premier plan. En fait, les ressources dédiées au développement du système technique sont épuisées. Le système existant est étudié dans un environnement comprenant d'autres systèmes techniques. La question principale est de savoir comment encourager le développement dans un environnement existant alors qu'il est examiné sous l'influence de facteurs concrets, techniques et physiques.

### **2.0.1.4 La définition des lois de développement de systèmes techniques dans le présent manuel**

Le système des lois de développement de systèmes techniques évolue également. Les travaux de nombreux chercheurs et développeurs ont défini et élargi les outils des lois appliquées. Mentionnons les noms de certains chercheurs dans ce domaine : Altshuller, G.S., Zlotin, V.L., Petrov, V.M., Litvin, S.S., Vertkin, I., Fey, V., Lubomirski, I., Salamatov, U.P., Kondrakov, I.M. et bien d'autres.

Dans TRIZ, il existe plusieurs systèmes de lois de développement avec leurs caractéristiques, leurs spécifications et leurs hypothèses. Des recherches sérieuses sont menées dans chacun de ces systèmes. Dans certaines publications, on trouve des positions contestables, mais cela est la conséquence de la recherche et du développement. Cependant, chacune d'entre elles repose sur le système classique des lois de G.S. Altshuller. C'est la raison pour laquelle nous étudions ce système.

Dans le présent manuel, nous adhérons au système classique des Lois de l'Évolution de Systèmes d'Ingénierie – le système de G.S. Altshuller. Au fond, un tel choix est déterminé par les objectifs éducatifs des ouvrages. Il y a huit lois, chacune étant décrite dans un chapitre séparé. Il est possible de commencer la lecture par n'importe lequel de ces chapitres. Il est néanmoins plus logique et plus efficace de commencer par le premier chapitre. Chaque chapitre comporte les sections suivantes : Définitions, Théorie, Modèle, Outils ; et comprend également des tests pour l'auto-évaluation.

À la fin de chaque chapitre, nous donnons une liste de la littérature de référence. Nous avons essayé de ne pas utiliser d'autres exemples d'autres livres et articles portant sur TRIZ dans ce manuel. Un grand nombre de schémas, d'illustrations et de photos illustrent les propos du texte. Nous vous souhaitons une lecture plaisante et efficace, ainsi que des solutions créatives dignes d'un roi !

## 2.1: La loi de l'intégralité des parties du système

Au Musée des Arts et Métiers à Paris, derrière le grand escalier, s'élève une machine à voler construite par l'inventeur français Clément Ader. En 1890, cette machine à voler réussit à faire un bref vol à une hauteur de quelques centimètres. Cela peut vous faire sourire aujourd'hui, mais à l'époque, c'était une véritable percée !

Peut-on considérer la machine d'Ader comme un avion ? À quel point la construction était-elle viable dans les années de sa construction ? Qui et quel pays a construit le premier véhicule aéronautique ? Quelles erreurs les premiers aviateurs ont-ils faites ? Citons le professeur américain Samuel Langley qui s'était mesuré à la théorie de l'aviation. Quand on lui demandait pourquoi les premiers aviateurs avaient connu des échecs, il répondait : « Il se peut que l'Homme ait pris le problème par le [mauvais] bout et ait essayé de faire des machines à voler avant d'apprendre les lois sur lesquelles le vol est fondé ». (Goncharenko, V.V. Comment les hommes ont-ils appris à voler ? Kiev : "Veselka", 1986 (en russe).

Avant d'essayer de répondre aux questions mentionnées ci-dessus – et pas uniquement à celles concernant les machines à voler, mais aussi tous les autres systèmes techniques – il est nécessaire de connaître et de savoir appliquer les Lois d'Évolution des Systèmes Techniques. Nous allons commencer par aborder la loi de l'intégralité des parties d'un système.



Avion III de [fr:Clément Ader](#). Musée des Arts et Métiers, Parigi (Source: [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org), Photo et photo-montage © [Roby](#))

### 2.1.1. Définition

Une condition nécessaire à la capacité d'exister de systèmes techniques est la présence et le pouvoir minimal de fonctionnement des parties basiques de ce système.

G. S. Altshuller, *Creativity as an Exact Science: The Theory of the Solution of Inventive Problems* (Traduction anglaise A. Williams. Gordon and Breach Science Publishers, New York, 1984), p. 223.



La conséquence :

Pour qu'un système technique soit contrôlable, il faut qu'au moins une de ses parties soit contrôlable. « Être contrôlable » signifie changer ses propriétés d'une manière requise par le contrôleur (ibid., p. 224).

La loi de l'intégralité des parties d'un système appartient à la catégorie plus vaste des lois « Statiques », c'est-à-dire à ces lois qui définissent le début de la vie de systèmes techniques. Cependant, il est important de comprendre que la loi ne se réfère pas uniquement à des systèmes aussi anciens que l'arc, la hache de pierre ou la catapulte. Tout système technique change au cours de son évolution. Souvent une ou plusieurs parties basiques d'un système technique sont entièrement remplacées. Au moment d'un tel changement des parties, un nouveau système apparaît, et la loi de l'intégralité des parties d'un système est applicable à ce nouveau système.

### 2.1.2. Théorie

#### Détails

Tout système technique est constitué de certaines parties. En examinant le système technique, nous pouvons distinguer ces parties. Un stylo comprend un cadre, une pointe, un réservoir

d'encre et un capuchon. Nous utilisons une telle description pour donner une description plus détaillée du dispositif du système technique et pour mieux comprendre ses principes opératoires. C'est un modèle du système que l'on donne à travers les composants de ses sous-systèmes. Il y a de nombreux modèles de systèmes : par exemple, une image d'un avion ou d'une voiture ; le schéma électronique d'un téléphone ; un texte narratif sur ce qu'est un ordinateur ; une description textuelle d'une lunette – tous sont des modèles de systèmes techniques différents.

Le modèle utilisé avec la loi de l'intégralité des parties d'un système détermine les parties de **tout** système technique du point de vue de son fonctionnement et de son évolution. Le but principal du modèle donné est utilisée dans le cadre de la résolution de problème. Ce modèle est construit avec différents objectifs : par exemple, la photo d'un dispositif donne une vue générale de son apparence, la description des composants révèle ses parties intégrantes. Le modèle est bon s'il permet d'atteindre le but donné et s'il apporte des réponses aux questions posées. Par exemple, le modèle aérodynamique d'une voiture est utilisé pour résoudre un problème lié à la diminution de la résistance du vent.

Le but du modèle donné est de généraliser tous les systèmes techniques et de montrer les particularités les plus générales du système technique.

La capacité de travail minimale des parties du système est la capacité des parties du système à fournir un travail d'équipe pour remplir les fonctions basiques du système technique. Le critère permettant de juger la performance du fonctionnement est le changement des valeurs des paramètres de l'élément (voir détails de la description de la fonction en termes de modèle OTSM-ENV : **1.4.1.3.L'algorithme OTSM de la fonction définissable**).

La modification minimale admissible d'un paramètre est la valeur entraînée par les exigences de l'utilisateur envers le système technique donné. Des informations sur l'algorithme qui définit la fonction sont données ci-dessous dans la **Section 1.4 Outils → 1.4.1. Comment déterminer correctement la fonction du système technique**.

Prenons par exemple, la fonction d'une voiture qui peut être modélisée de la manière suivante : pour changer la localisation ( $N$  = Nom de la Propriété) d'une personne ( $E$  = Élément) de leur maison ( $V1$  = Valeur 1) à leur lieu de travail ( $V2$  = Valeur 2). Si un modèle essentiellement nouveau d'une voiture ne permettait de transporter une personne que sur quelques mètres (changer la localisation d'une personne), ce ne serait évidemment pas suffisamment pour l'utilisateur. Personne n'achèterait une telle voiture, mais elle peut bien satisfaire le concepteur aux premières étapes du développement de cette voiture.

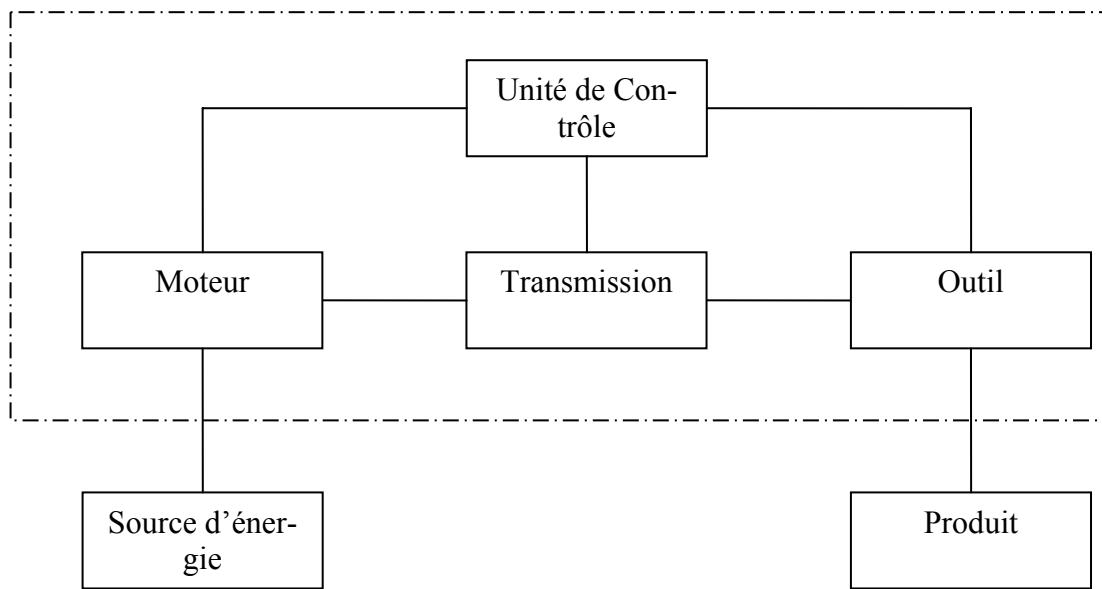
Dit différemment, un système technique donné possède les conditions nécessaires à sa vie. Il contient les parties de base conformément aux modèles des quatre éléments. Ces parties ont un pouvoir minimal de fonctionnement dans leur structure.

## Les erreurs typiques

Souvent, le lien entre la loi et ses conséquences semble ne pas être évident. Il est important de comprendre la logique d'une conséquence en termes de contrôlabilité et de son lien avec la loi. La contrôlabilité est expliquée plus en détail dans la conséquence de la loi. La contrôlabilité se comprend comme la possibilité de changer la valeur d'un paramètre ou de paramètres du système technique et ses parties pendant sa durée de fonctionnement. Chaque partie du système technique fonctionne dans un « organisme » et est utilisée avec l'objectif de remplir la fonction générale. C'est pourquoi il est possible de faire fonctionner tout le système grâce à l'opération de l'une de ses parties. On peut également dire le contraire. Il n'est pas possible de faire fonctionner une partie de base du système sans que tout le système soit opérationnel (c'est-à-dire nous ne pouvons pas changer les paramètres d'une partie pour changer les paramètres de tout le système).

## 2.1.3. Modèle

Un modèle comprend les parties principales du système technique : le moteur, la transmission, l'outil, l'unité de contrôle. (Les parties principales du système technique sont séparées dans la Figure 1.3 ci-dessous par un trait discontinu). Généralement, **la source d'énergie** et l'objet ne font pas partie du système technique : par exemple, l'eau d'une rivière qui fait tourner la roue d'un moulin ou le vent qui fait tourner les pales d'une éolienne. Mais la source d'énergie est inclue dans le système technique dans certains cas : par exemple, les piles du système technique qu'est une torche électrique. Nous examinerons l'exemple du modèle à quatre éléments ci-dessous. Mais commençons, avant tout, par la définition de la fonction du système technique.



*Fig. 1.1. Les parties principales d'un système technique*

Le système a besoin d'un **Outil** pour travailler sur un **Produit** (pour charger une cargaison, pour couper une pièce de bois). La grue soulève / suspend la cargaison avec une élingue, un excavateur déplace de la terre avec un godet.

Mais l'outil ne travaille pas tout seul, il a besoin d'énergie. Un moteur donne l'énergie nécessaire à l'outil.

La transformation de l'énergie primaire se produit dans le moteur (énergie du vent, de l'eau, énergie produite avec différents types de combustibles). Le moteur convertit l'énergie en type d'énergie requise par l'outil. La **Transmission** est nécessaire pour transmettre cette énergie du moteur à l'outil. Ce sont les différents types de pinions, arbres articulés, articulations tournantes qui permettent la transmission d'énergie.

L'**Unité de contrôle** (« manageur », « superviseur ») est nécessaire pour un travail coordonné et ciblé du système technique. Elle est également nécessaire pour créer un lien entre l'unité de contrôle et les parties du système : l'outil, le moteur, la transmission. L'être humain joue généralement le rôle principal lorsqu'il s'agit de contrôler un système. Mais l'être humain a besoin de différents mécanismes pour contrôler le système technique. Il s'agit de leviers, de volants, d'unités de contrôle.

Le contrôle opérationnel est maintenu par une machine entièrement automatique. Par exemple : à l'aéroport Paris Orly, le tram/train se déplace entre la gare et l'aéroport sans conducteur. Le

même système relie les terminaux des aéroports en Europe et en Amérique du Nord.

#### 2.1.4. Outils (comment les utiliser)

##### 2.1.4.1. Comment déterminer correctement la fonction du système technique

Avant d'utiliser la loi de l'intégralité des parties en pratique, la fonction du système technique doit être définie. C'est une étape très importante.

On trouve la fonction dans l'objectif de l'existence du système. Pour être plus précis : quel est l'objectif de l'utilisation du système. Lorsque nous n'avons pas d'idée précise sur sa fonction, nous ne pouvons pas définir la composition du système sous forme d'un modèle à quatre éléments. Dans ce cas, parler d'un système n'a pas de sens.



##### Quelques remarques préliminaires

(\*) Un système technique peut être représenté par divers modèles avec l'objectif de remplir diverses fonctions.

(\*\*) Il convient de noter qu'une situation analogue peut se produire pendant l'analyse d'un schéma multi-écrans (*Pour davantage de détails, voir : Principaux Modèles de TRIZ Classique et TRIZ OTSM*). Si la fonction n'est pas définie, l'analyse ne mène à rien. Sans déterminer la fonction du système technique, il n'est pas possible de discuter de la structure de ce système d'après la théorie TRIZ OTSM.

#### La structure du système

Qu'entendons-nous par le terme structure du système ? C'est la composition de ses composants dans le système et le complexe des interconnexions du système eux-mêmes qui déterminent la qualité, que nous appelons également « la fonction » et grâce à qui nous atteignons le but formulé. Toutes ces fonctions destinées à améliorer la qualité sont les composants du système. Mais d'autres phénomènes, qui ne fonctionnent pas, ne définissent pas les composants d'un système même si ces éléments sont situés dans le système. Par ailleurs, des éléments qui sont situés loin du système et qui n'ont pas de relation avec lui font souvent partie du système une fois la fonction définie. Pour être plus précis, si nous définissons correctement la fonction, nous obtenons souvent une nouvelle vision du système technique et découvrons des interconnexions qui n'avaient jusque-là pas été remarquées. C'est l'un des objectifs principaux de l'analyse. Pour être plus précis, nous formons un modèle minimal avec la fonction définie.

#### L'algorithme OTSM de la définition de la fonction

L'algorithme OTSM de la définition de la fonction comprend trois étapes :

**Étape 1 : Modèle de fonction utilisant la langue commune.** Une personne explique avec des mots ce qu'elle attend du système. Les étudiants réalisent généralement cette étape rapidement et passent à l'étape suivante. Mais il y a également des cas pour lesquels il n'est pas facile de se mettre d'accord sur la description verbale de la fonction. Pour trouver un accord, nous avons alors besoin de la deuxième étape.

**Étape 2 : Modèle Verbe – Nom – Modèle de l'Analyse de la Valeur.** C'est le modèle du Code Sémantique Universel (CSU) et de l'Analyse de la Valeur. En pratique, plusieurs verbes apparaissent souvent pendant l'analyse de la fonction du système technique ; cela est caractéristique des systèmes compliqués. Un nom décrit généralement un produit qui sera modifié, et le verbe décrit la façon dont le produit change. Cette approche est utile pour l'analyse fonctionnelle, et il est bien plus intéressant d'utiliser cette approche que d'appliquer le modèle oral utilisant la langue universelle. Mais les problèmes suivants risquent d'apparaître : premièrement

l'existence de verbes synonymes : chacun d'entre eux entraîne sa propre association et une inertie psychologique apparaît et entrave la résolution du problème. Deuxièmement, notre expérience montre que dans de nombreux cas, ce modèle (Modèle Verbe- Nom – Modèle de l'Analyse de la Valeur) mène à une impasse, voir une mauvaise direction.

**Étape 3 : Modèle ENV à quatre verbes – Modèle OTSM-ENV de la Description Fonctionnelle.** Le Modèle ENV permet de réaliser une analyse plus approfondie et de décrire la fonction du système technique plus en détail. Il existe également la possibilité de développer et d'améliorer ce modèle, qui est néanmoins meilleur que le Modèle Verbe-Nom. Nous devons utiliser quatre verbes spécifiques et décrire la fonction en utilisant les termes du Modèle OTSM-ENV. (*Pour plus de détails, voir : Principaux Modèles de TRIZ Classique et de TRIZ OTSM*).

Tout d'abord, nous devons définir l'« Élément ». Dans le **modèle Verbe-Nom** (voir **Étape 2** ci-dessus), le nom est un élément, en fait le produit pour être plus précis. Si nous avons besoin d'un autre élément pendant la transition vers **l'Étape 3**, cela signifie que nous ne l'avons pas défini correctement. Dans ce cas, il est nécessaire de revenir à **l'Étape 2** et de concrétiser le modèle Verbe-Nom.

Un verbe décrit le changement de quelque chose, alors que la fonction EST la modification de quelque chose. Il y a quatre types de verbes pouvant être utilisés pour la description. Il y a quatre façons de changer quelque chose : changer, diminuer, augmenter (ce sont des variétés de changement, mais parfois il est important de concrétiser le changement) et finalement conserver. Lorsque l'on parle de gestion / contrôle, nous devons « changer » ; pour être plus précis, nous utilisons le changement dual : augmenter et diminuer.

Que changeons-nous en particulier ? Quelle est la signification de « changer l'élément E » ? Nous changeons un paramètre de cet élément, N, « Nom du paramètre ».

Comment changeons-nous ce paramètre ? Nous changeons la signification du paramètre : « Valeur du paramètre ». Pendant la description du modèle, nous devons indiquer : « le changement de la valeur du paramètre N de l'élément E avec la valeur V1 passant à la valeur V2 ».

#### **Remarque :**

(\*) En fait, il est nécessaire de mentionner qu'une fonction effectue le changement d'un paramètre. S'il y a plusieurs paramètres, cela signifie que nous avons plusieurs fonctions, et cela mène à la conclusion que nous avons plusieurs systèmes imbriqués.

C'est pourquoi nous avons également le quatrième type de verbe : « conserver », ne pas changer. En fait, il ne s'agit que d'une astuce purement psychologique utilisée dans le cadre de la formation. Il est souvent plus facile pour un étudiant d'utiliser le verbe « conserver » au lieu de « ne pas changer ». Un exemple typique est un exemple que nous utilisons dans le cadre de la formation : quelle est la fonction d'une bouteille ? La fonction est « conserver l'eau ». D'après la définition, la fonction représente toujours une sorte de changement. Si nous sommes confrontés au verbe « conserver », cela signifie que nous sommes confrontés à l'inertie psychologique. Le verbe « conserver » sert d'indicateur pour quatre processus profonds qu'il nous faut comprendre. Si nous disons « conserver », nous devons penser aux étapes suivantes, c'est-à-dire à ce que nous devons changer afin de « conserver » - pour éviter les changements indésirables et « conserver » l'état courant.

Illustrons un des exemples typiques afin de définir la fonction du système technique et de comprendre **ce qui doit être changé**. Afin de mieux comprendre, il convient de faire une expérimentation mentale dans les limites de la situation concrète décrite : enlever un objet. Il y a une bouteille d'eau sur la table. Notre objectif est de définir la fonction de la bouteille. Mentalement, nous allons enlever la bouteille, mais pas l'eau. Que se passe-t-il ? L'eau s'écoule ... Pourquoi ? À cause des forces gravitationnelles qui exercent leur influence sur ce processus.

C'est pourquoi la fonction de la bouteille est de compenser, de changer et de corriger l'influence de la force gravitationnelle. Sa fonction est d'empêcher et de changer le flux de l'eau. Cet algorithme nous permet de réaliser une analyse plus approfondie, de formuler la fonction de manière plus précise et de définir les parties du système.

## L'exemple

Considérons l'application traditionnelle du véhicule motorisé, qui transporte des personnes et des biens.



### La première étape

La première étape est le modèle de la fonction utilisant la langue commune. Les voitures sont généralement utilisées pour transporter des personnes et des biens d'un endroit à un autre. Nous ne tiendrons compte d'aucune autre fonction de la voiture comme servir de refuge en cas de pluie ou mesurer la distance entre deux points. Elle peut servir d'entrepôt pour de vieilles choses et à bien d'autres fonctions (ce sujet est plus adéquat pour le cours sur le développement de l'imagination créative).

### La deuxième étape

Un objet, un produit : une personne. La fonction : déplacer une personne, la transporter.

### La troisième étape

C'est le Modèle ENV où E est l'« Elément »; N est le « Nom du paramètre »; et V est la « Valeur du paramètre ». Utilisant l'exemple de la voiture, E est une personne ; N est la localisation d'une personne ; V1 est à partir d'une maison ; et V2 est au travail.

Ainsi, la fonction de la voiture est : changer la localisation (N) d'une personne (E) de la maison (V1) au travail (V2).

## 2.1.4.2. Comment déterminer correctement les parties d'un système technique

### Quelques remarques préliminaires

(\*) L'erreur typique est qu'avant la définition des fonctions du système, nous essayons de définir ses parties principales d'après le modèle à quatre éléments. Dans ce cas, l'analyse du système technique définit ses parties principales et représente un point de vue subjectif : « Il me semble que ; je le vois de cette manière ».

### Le Produit

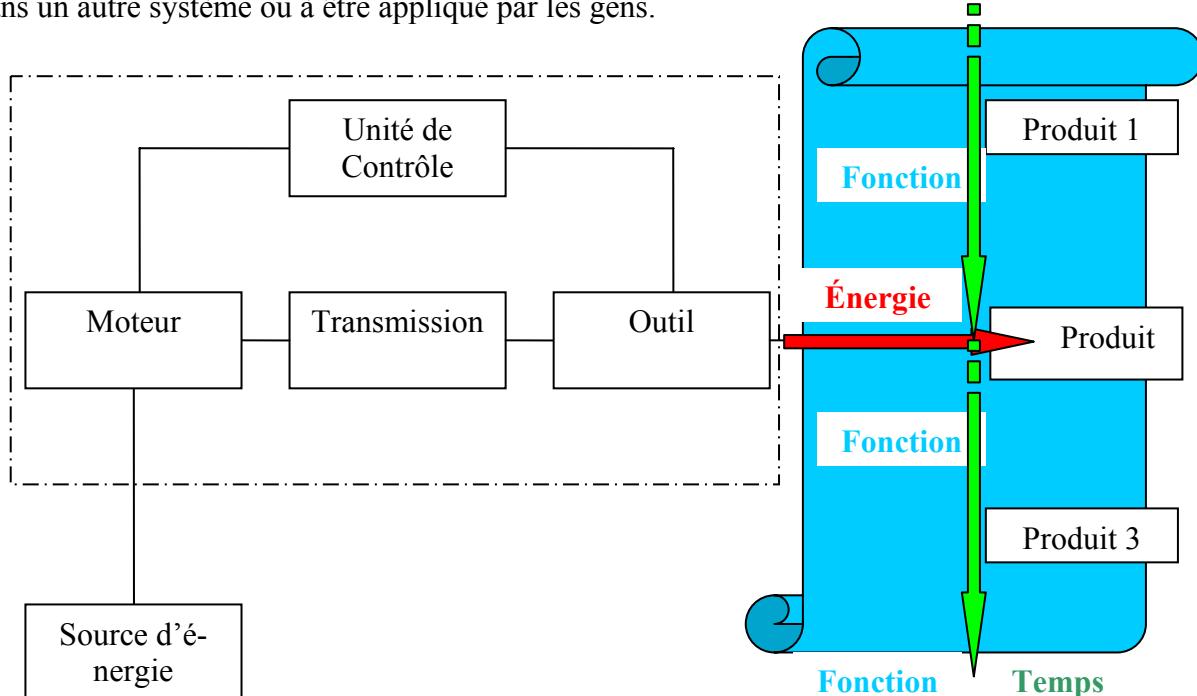
Lorsque nous définissons la fonction, nous définissons automatiquement le Produit. Le Produit est l'objet qui subit des changements lors de la réalisation de la fonction. Pendant la réalisation de la fonction, le Produit passe par différentes étapes de la matière première au produit fini. Dans ce cas, le processus des changements du produit est la Fonction. L'Outil fait partie du système qui interagit avec le Produit, par exemple : la lame du tour, pas le tour lui-même ; la lame du couteau ; pas le couteau lui-même. Nous avons besoin d'énergie pour remplir la fonction (le changement de l'objet matériel). C'est pourquoi nous avons besoin d'un Moteur. Le Moteur fait partie du système qui transforme l'énergie disponible dans la forme nécessaire pour que l'outil remplisse sa fonction. La Transmission comprend les parties du système qui transforment le type d'énergie disponible en énergie utilisable du Moteur à Outil.

(\*) Nous utilisons généralement le concept « produit » en pensant à un produit ou un objet que nous utilisons déjà dans notre vie de tous les jours. Du point de vue général, les légumes crus qui sont cuits dans de l'eau bouillante pendant un certain temps sont des produits de la cuisson que l'on peut manger.

Les modèles plus efficaces pour le processus de résolution de problème suggéré par TRIZ-OTSM. La chose que nous appelons le Produit n'est pas un produit fini, mais la transformation du produit semi-fin (Produit 1) en produit prêt à être utilisé (Produit 3) dans un autre système ou à être appliquée par les gens. Dans ce cas particulier, nous examinons le Produit en termes de

schéma de pensée avancée d'Altshuller, le long de l'axe du temps. Le Produit 1 montre ses qualités avant le changement, le Produit pendant le changement et le Produit 3 après le changement.

Le Produit 1 existe au moment initial. Avec l'influence de l'Outil, nous recevons un autre Produit 2 pendant la réalisation de la fonction. Comme résultat du processus, nous recevons ensuite un Produit 3 prêt à être utilisé. Il y a donc au moins trois écrans sur l'axe du temps du schéma de la Pensée Avancée d'Altshuller. Tous les trois écrans sont compris dans le « Produit » dont l'objectif est de remplir la fonction. Alors que la fonction est en train d'être remplie, le produit intermédiaire se transforme, étape après étape, en produit prêt à être utilisé dans un autre système ou à être appliqué par les gens.



*Fig. 1.2. Transformation du Produit 1 en Produit 3*

## L'erreur typique

Généralement, tout le monde peut donner la définition du schéma multi-écrans. Mais en pratique, lorsque nous discutons du Produit, c'est difficile à comprendre car il est nécessaire de se représenter le tout en mouvement, en développement.

## L'Outil

S'il est nécessaire de changer quelque chose, la valeur d'au moins un paramètre doit changer. Si nous avons un système matériel, nous devons généralement changer un objet matériel afin de changer la valeur d'un paramètre. Même si nous changeons la localisation d'un objet, de l'énergie est nécessaire. Il y a quelque chose qui effectue ce changement. C'est ce que nous appelons l'Outil. L'Outil est quelque chose qui coopère directement avec le produit.

Dans l'exemple de la voiture : le Produit est une personne. Il est nécessaire de changer la localisation du Produit. Qu'est-ce qui change la localisation d'une personne / Produit ? Pas la voiture, mais cette partie qui coopère directement avec le Produit. Il s'agit du siège.

Altshuller donne l'exemple classique : l'Outil n'est pas le tour, mais la lame du tour. Lorsque vous coupez une pomme avec un couteau, l'Outil n'est pas le couteau, mais la lame du couteau. C'est une nuance très importante. (Altshuller, G. S., To find an Idea: Introduction to the Theory of Inventive Problem Solving. Novosibirsk: Nauka, 1991, (2<sup>ème</sup> éd.), page 190.

## Le Moteur

Dès que nous avons défini l'Outil, nous revenons à la question de l'énergie. Nous avons besoin de dépenser de l'énergie pour changer un paramètre d'un objet matériel. Il est donc nécessaire de comprendre quel type d'énergie nous devons dépenser. Quel type d'énergie est impliqué dans la réalisation de la fonction ?

Il nous faut non seulement considérer la présence de la conduction d'énergie, mais également une chaîne de transformation de différents types d'énergie. Dans l'exemple de la voiture, il est nécessaire de transporter une personne d'un point à un autre ; c'est un déplacement linéaire. Pour dépenser de l'énergie cinétique pour cet objectif, nous devons la recevoir d'ailleurs. Nous avons besoin d'énergie cinétique linéaire pour transporter quelque chose. Nous devons trouver l'endroit dans la voiture où l'énergie cinétique linéaire apparaît et voir comment elle atteint l'Outil. Il nous faut définir le Moteur (pas le moteur physique d'une voiture, mais le Moteur tel que décrit d'après la classification du modèle à quatre éléments).

(\*)

*Notons que le moteur d'une voiture peut être un moteur à vapeur, un moteur à combustion interne, un moteur diesel, un convertisseur mécanique sur la base d'un ressort ou d'un caoutchouc, un jet d'air ou de gaz, une rotation de volant ou un mécanisme d'horloge (comme dans certains jouets pour enfants) ou bien d'autres choses ...*

(\*\*)

*Dans le paragraphe précédent, nous avons parlé de la partie de la voiture que nous pouvons appeler moteur dans la langue de tous les jours. Qu'est-ce que le Moteur dans une voiture traditionnelle en termes de modèle à quatre éléments, si on prend en compte diverses situations ? Par exemple, des tonneaux remplis d'air, des flotteurs peuvent être un Moteur s'ils sont utilisés pour réaliser la fonction consistant à faire remonter à la surface une voiture échouée sur le fond d'une rivière.*

Quand nous parlons du Moteur dans le cadre de l'approche OTSM, nous parlons du dernier convertisseur d'énergie d'une quelconque forme (l'énergie primaire de la « source d'Énergie »), qui est accessible au système technique donné. Cette énergie est transformée pendant une ou plusieurs étapes de transformation pour devenir le type d'énergie nécessaire à l'« Outil ». Il y a une chaîne de transformations et nous choisissons la dernière, qui nous permet de recevoir l'énergie telle qu'elle est nécessaire pour remplir la fonction. La limite du système technique minimal est là où la transmission d'énergie se produit, d'un type d'énergie à celui nécessaire pour que l'Outil remplisse la fonction. Ce moment est particulièrement important pour l'analyse de situation lorsqu'il est nécessaire de trouver une explication pour des effets qui ne sont pas clairs ou qui sont indésirables.

## La Transmission

La Transmission comprend tous les éléments (sous-systèmes) de tout le système technique à travers lequel l'énergie est transformée sans changement de type. L'énergie est transférée du Moteur à l'Outil. Il convient de mentionner que l'analyse de ce processus revêt une importance particulière pour la recherche des causes d'effets indistincts.

L'algorithme schématique définissant les composants du système technique minimal est représenté ci-dessous :

1. Fonction. Algorithme OTSM.
2. Produit.
3. Outil.
4. Moteur.
5. Transmission.

## 2.1.4.3. Comment estimer la capacité de travail des parties du système technique

Présence des quatre parties du système.

Capacité de travail de chaque partie en dehors du système.

Capacité de travail de chaque partie en tant que partie d'un système.

**Estimation conformément à d'autres lois développées de systèmes techniques.**

## 2.1.4.4. Comment estimer l'opération des parties du système technique

Présence de contrôle – Avons-nous une telle partie contrôlée dans un système ?

Quel est le degré de contrôlabilité des trois autres éléments ? (estimer s'ils s'en sortent bien ou mal avec la tâche).

**Quels paramètres de gestion avons-nous ?**

## 2.1.5. Exemple (Problème-Solution)

### Exemple : Les conditions d'incapacité du Moteur.



Considérons la fonction suivante d'une voiture sur la base d'un moteur à combustion : « Se déplacer d'un endroit à un autre ».

Posons ensuite la question : « Dans quelles conditions la voiture ne remplit pas sa fonction, ne se déplace pas et ne transporte pas les personnes et les biens ? »

Il est possible qu'une des parties du modèle à quatre éléments soit absente : Moteur, Transmission, Outil ou Unité de Contrôle. Qu'est-ce que cela signifie ?

Utilisons un exemple dans lequel le Moteur est absent ou incapable de fonctionner : si la voiture était sur la Lune, le problème serait l'oxygène, qui n'est pas présent sur la Lune, mais qui est nécessaire au fonctionnement du moteur à combustion interne. La cause de l'incapacité du Moteur est l'absence d'une des parties de la source d'énergie : carburant + oxygène.

Nous allons illustrer cela avec un autre exemple. Nous n'avons pas besoin de pétrole pur pour le moteur à combustion interne. En fait, il nous faut un mélange de carburant et d'oxygène dans certaines proportions : quelques rares gouttes de carburant dans l'air, une brume de carburant préparée par l'une des unités du moteur, le carburateur. Le moteur de combustion interne ne remplit pas sa fonction si nous remplissons le cylindre de carburant. Si nous changeons la qualité du carburant d'une telle manière que la brume ne peut être formée, le carburant ne peut pas être brûlé et le moteur ne peut pas transformer l'énergie chimique en énergie mécanique nécessaire à actionner les pistons. Dans un film policier, le héros verse du sucre ordinaire dans un réservoir afin d'empêcher ses poursuivants de conduire la voiture et de la poursuivre. Le « sirop de carburant » ainsi créé présente d'autres propriétés ; par exemple, sa viscosité. Dans ce cas, le carburant nécessaire à la combustion n'est pas disponible – la brume n'est pas formée, le moteur ne démarre pas, la voiture ne peut pas être conduite. (Nous vous déconseillons de faire cet exercice en pratique car il peut détruire le moteur).

*Remarque :*

*Il est très important d'analyser en détail toute la chaîne des transformations de l'énergie, le fonctionnement du système technique et sa structure afin d'analyser le système technique et de résoudre un problème.*



### Exemple : Incapacité de la Transmission

La voiture ne peut pas remplir la fonction formulée en cas d'absence ou d'incapacité de « Transmission ». La Transmission est la partie du système technique qui transforme l'énergie avec l'objectif de la fournir à l'Outil. Dans le cas de la voiture avec un moteur à combustion

interne : une énergie mécanique (rotations). Grâce à la combustion de carburant dans les cylindres, les pistons effectuent un mouvement avant-arrière. Si nous transférons simplement ce mouvement (comme le mouvement d'une balançoire, vers l'avant puis vers l'arrière) aux roues, la voiture ne se déplace pas. Il est nécessaire qu'un type d'énergie mécanique soit transformé en une autre énergie mécanique pour que les mouvements des pistons puissent entraîner la rotation des roues. C'est pourquoi il y a un certain nombre de mécanismes de transfert dans une voiture : arbre de transmission, roues dentées, embrayages ...

### **Exemple : Incapacité de l'Outil**

La voiture ne peut pas remplir la fonction formulée (se déplacer d'un endroit à un autre) si l'« Outil » est absent ou cassé. La roue pousse la voiture le long de la surface de la route. Par exemple, la roue ne peut pas démarrer sur une route très glissante. La friction, le couplage de la roue avec la surface de la route, est nécessaire pour que la voiture puisse se déplacer. La voiture standard, qui est capable de flotter sur l'eau, ne peut pas se déplacer dans une rivière ou un lac. Dans ce cas, nous avons besoin d'un autre dispositif de fonctionnement, comme des roues spéciales avec des pales et une hélice, comme sur un bateau.



La photographie ci-dessous montre l'« Amphicar ». Ses Outils, pour le mouvement sur l'eau (d'après la classification du modèle à quatre éléments) sont deux hélices de taille moyenne.

### **Exemple : Incapacité du Système de Contrôle**

La voiture ne peut pas non plus remplir sa fonction normalement si le « Système de Contrôle » est absent ou cassé. Le Système de Contrôle comprend généralement : le volant, les freins, les rétroviseurs. Mais avant tout, il est nécessaire de permettre l'opération du moteur. Il ne suffit pas de remplir les cylindres de brume de carburant, il faut qu'elle soit transmise au bon moment, pas avant et pas après. Il est nécessaire d'y mettre le feu, plus précisément de créer une étincelle au moment où la brume de carburant est fournie à un cylindre. Les gaz d'échappement ainsi formés doivent être expulsés du cylindre. Dans la plupart des cas, cela est programmé dans le système opérationnel du moteur, mais le conducteur lui-même peut contrôler certaines opérations.



### **Exemple**

Pour servir d'exemple final, prenons la vue humoristique d'une voiture de l'âge de pierre. À quoi aurait pu ressembler une voiture à cette époque ? Il y a bien des roues et le moteur, la carrosserie et la cabine pour un conducteur ... Mais cette voiture n'aurait jamais été capable de remplir la fonction caractéristique des voitures : « déplacer des personnes ou des biens d'un endroit à un autre ». Cette voiture de l'âge de pierre ne peut pas se déplacer. Ses parties ne sont pas capables de fonctionner, ni séparément, ni en tant que parties d'un système.



**Montrer (1) :** La composition d'éléments dépend de la fonction définie.

Par exemple, une foule de gens avec diverses professions. Mais notre système est défini par la fonction sélectionnée, l'objectif de leur activité.

**Montrer (2) :** Quand l'une de ces personnes ne fonctionne pas (ou on ne la trouve pas dans la chaîne), l'ensemble du système ne fonctionne pas = la définition de la loi.

**Montrer (3) :** Toutes travaillent à la capacité « maximale », mais l'une d'entre-elles travaille « doucement ». Le résultat final est donc défini par la productivité de la personne la plus lente = la capacité de travail du système global dépend de la capacité de travail de l'élément le plus faible (personne).

**Montrer (4) :** Le contrôle d'un système. S'il y a une personne parmi toutes les personnes qui ne travaille pas (Moteur, Transmission, Outil), il est impossible que le système global fonctionne.

## 2.1.6. Auto-évaluation

### Questions, tâches



(Les réponses à toutes ces questions peuvent être trouvées dans le texte de ce chapitre. Veuillez relire les paragraphes correspondants de ce chapitre).

1. Quelle différence y a-t-il entre le système technique et les autres objets techniques ?
2. Quelles parties sont comprises dans la composition du modèle à quatre éléments du système technique ?
3. Comment peut-on définir la « loi de l'intégralité des parties d'un système » ?
4. Quelle condition est nécessaire à l'existence du système technique contrôlé ?

### Résumé.

Nous pouvons imaginer tout système technique comme un modèle comprenant quatre parties principales : Moteur, Transmission, Outil et Unité de Contrôle.

Le système technique est opérationnel s'il comprend ces quatre parties opérationnelles minimales.



### Les définitions de Base

Système technique ; Fonction du système technique ; Modèle ; Sous-système ; Évolution ; Moteur ; Transmission ; Outil ; Unité de contrôle ; Produit.



## 2.1.7. Références

**Altshuller, G. S.,** *Creativity as an Exact Science. Theory of Inventive Problem Solving* (« Sovetskoye Radio », Moscou, 1979), p. 123. (en russe)

**Altshuller, G. S.,** *Creativity as an Exact Science: The Theory of the Solution of Inventive Problems* (traduction anglaise A. Williams. Gordon and Breach Science Publishers, New York, 1984), pp. 223-224.

**Altshuller, G. S.,** To find an Idea: Introduction to the Theory of Inventive Problem Solving. Novosibirsk: “Nauka”, 1991. (2<sup>ème</sup> éd.) Page 190. (Appendice 1. Commentaire n° 6 pour ARIZ-85-C). (en russe)

**Goncharenko, V.V.,** How have people learned to fly? Kiev: “Veselka”, 1986. (en russe)

**Salamatov, J.,** System of development of creativity laws. // *Chance to Adventure*, Petrozavodsk, “Karelia”, 1991. pp. 62-67. (en russe)

**Khomenko, N.,** *Handbook for Advanced Master in Innovative Design course*. (Strasbourg, 2003–2009).

**Khomenko, N.,** The law of completeness of parts of the system with OTC M-TRIZ interpretation (en russe) (manuscrit, Karlsruhe, 9 juillet 2008).

## 2.2 : La loi de la continuité énergétique d'un système

D'après le code de la route allemand, une bicyclette doit être équipée d'une lumière à l'avant et à l'arrière lorsqu'elle circule sur la route la nuit. La source d'énergie de base de ces dispositifs doit être une dynamo plutôt que des piles, des accus, voire des batteries solaires. Pourquoi ? Nous remarquerons que beaucoup de règles et de lois sont, comme le disent certains avocats, « écrites dans le sang ». Pour être plus précis, l'expérience de nombreuses personnes se trouve concentrée dans ces règles et lois : il s'agit à la fois des expériences négatives et des façons de surmonter ces situations problématiques. En d'autres termes, les lois objectives, les recommandations quant à leur performance et les pénalités possibles en cas d'erreur sont décrites en elles.

Revenons-en à la bicyclette, et plus précisément au système d'éclairage. Le dispositif d'éclairage est très important sur une bicyclette utilisée la nuit. La source d'énergie est la force musculaire du cycliste. Tout au long du déplacement de la bicyclette, il y a une source d'énergie mécanique que la dynamo peut transformer en énergie électrique. Cette source est plus fiable que les piles ou les accus, et n'est pas sujette à l'oubli du cycliste. Bien sûr ce système technique présente également certains défauts. Dans les sections suivantes, nous allons étudier ces défauts et les façons de les résoudre.

### 2.2.1. Définition

La loi de la « continuité énergétique » d'un système : une condition nécessaire à la capacité d'exister d'un système technique est le passage sans entrave de l'énergie à travers toutes les parties du système.



*Altshuller, G. S., Creativity as an Exact Science: The Theory of the Solution of Inventive Problems* (traduction anglaise A. Williams. Gordon and Breach Science Publishers, New York, 1984), p. 225.

Le corollaire de la Loi 2 est également important : il est nécessaire d'assurer la continuité de l'énergie entre cette partie et les organes de contrôle afin de contrôler la partie du système technique.

Ibid., pp. 226-227.

La loi de la continuité énergétique d'un système technique appartient à la catégorie plus vaste des lois « Statiques », c'est-à-dire à ces lois qui définissent le début de la vie des systèmes techniques.

### 2.2.2. Théorie

#### La continuité énergétique comme paramètre estimé du système technique.

La première condition de viabilité du système technique est décrite par la loi de l'intégralité des parties d'un système – présence et capacité minimale de fonctionnement des parties de base du système (Moteur, Transmission, Outil et Unité de Contrôle).

La viabilité est considérée comme la caractéristique qualitative qui comprend un certain nombre de paramètres estimés.

La capacité du système technique à remplir la fonction, à fonctionner, à coexister, à coopérer et également à être en concurrence avec d'autres systèmes techniques dépend de nombreux paramètres évalués définis pour chaque système technique : vitesse, fiabilité, coût, palette d'utilisations, etc. La définition de « viabilité » s'applique dans le processus de développement du système concret. Elle est complétée par les paramètres nouvellement évalués.

Ainsi, les critères additionnels, les paramètres évalués, sont nécessaires pour augmenter la via-

bilité du système technique dans le contexte des exigences croissantes des utilisateurs envers les paramètres de la fonction réalisée, du développement du système technique, du renforcement de l'environnement compétitif ... (Remarque : mais dans ce cas, nous parlons des paramètres estimés pour le modèle du système technique).

## Les erreurs typiques

Afin de comprendre l'essence de la loi de la continuité énergétique d'un système technique, il est nécessaire de lire attentivement certaines définitions, théories et exemples. Prenez-vous le temps. Les nouvelles idées ne sont pas facilement reconnues, ni dans notre société ou dans le monde, ni dans nos propres têtes.

Le passage de l'énergie est crucial non pas pour le système technique, mais pour l'utilisateur de ce système technique. Faites attention aux mots de la définition : « la condition nécessaire à la capacité de vie basique ». Pour être plus précis, la capacité du système technique décrit ici à remplir la fonction.

## Fil rouge. (Explication de la théorie)

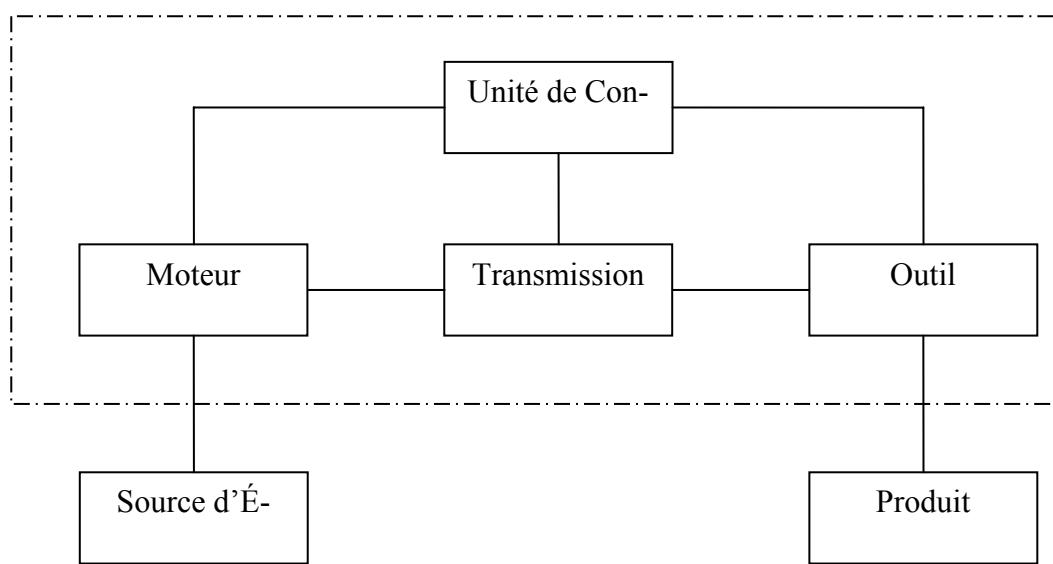


Depuis 1776, suite à un ordre de l'Amirauté anglaise, les ouvriers fabriquant des cordes pour la flotte militaire commençaient à entrelacer les cordes avec un fil rouge. Le fil rouge était entrelacé de manière qu'il ne puisse pas être retiré, même d'une petite pièce de corde. Quel en était le but ? Deux problèmes majeurs ont été résolus avec ce fil. Premièrement, lors de l'utilisation, les cordes s'usaient et une utilisation prolongée devenait dangereuse une fois une certaine épaisseur atteinte. Le fil rouge était entrelacé afin de permettre d'observer la réduction de l'épaisseur d'une portion de corde. Le second problème ainsi réglé était le vol de cordes dans l'usine. Avec l'utilisation d'un fil rouge, le voleur était plus facilement démarqué.

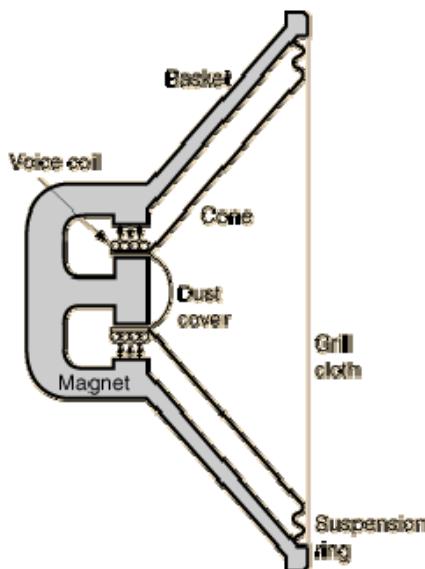
Cet exemple est une bonne illustration de la loi de la continuité du courant. Pour maintenir la viabilité minimale du système technique, l'énergie doit passer comme un fil rouge à travers toutes les parties du système technique.

### 2.2.3. Modèle

#### 2.2.3.1 Le schéma à quatre éléments



*Fig. 2.1. Les parties principales d'un système technique.*



### 2.2.3.2 Exemple 2.2 (le haut-parleur de Sokolov) – Conduction d'énergie



Pour la bobine d'un haut-parleur, on utilise généralement une bobine de cuivre simple couche. Mais au début du développement et de l'utilisation de ces haut-parleurs, les aimants ne possédaient pas la force magnétique suffisante à la création de la pression sonore nécessaire dans le haut-parleur (Remarque : la pression sonore dépend de l'intensité du courant dans un conducteur et des forces d'un champ magnétique. L'oreille humaine perçoit la pression sonore).

Figure 2.2. Coupe transversale d'un haut-parleur

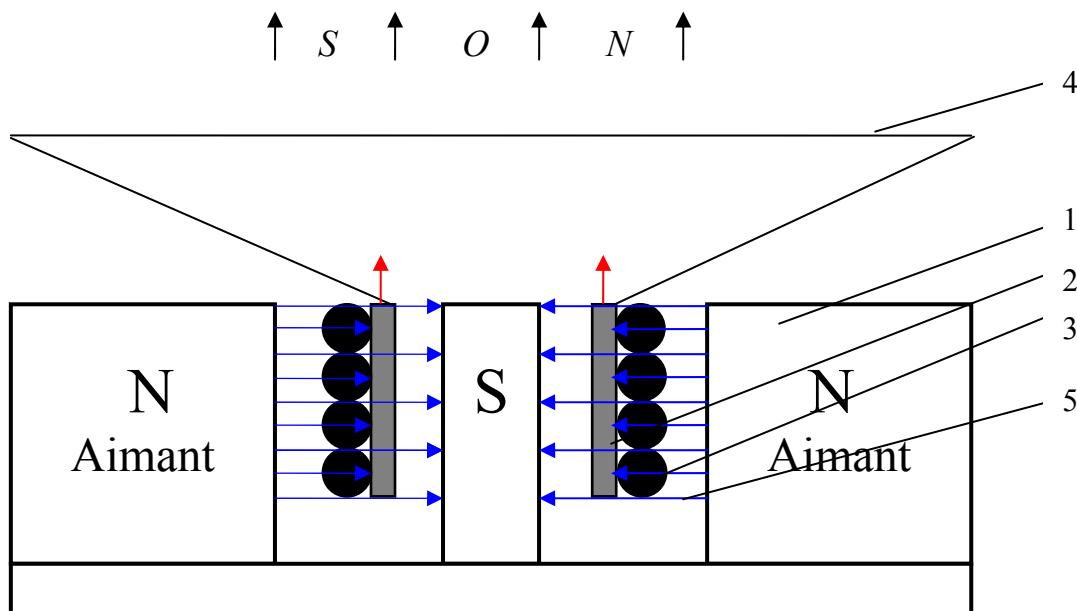


Figure 2.3. Coupe transversale de la chaîne magnétique d'un haut-parleur

#### Légende

- 1 – Aimant
- 2 – Cadre de la bobine acoustique
- 3 – Spires de la bobine acoustique
- 4 – Diffuseur
- 5 – Lignes de force d'un champ magnétique

Il n'y a que trois obstacles à un champ magnétique ; ils sont localisés entre les deux pôles d'un aimant et affaiblissent le champ magnétique. Ces obstacles sont : une lame d'air, l'armature du matériel isolant pour la bobine et le fil de cuivre. Moins il y a d'air et plus l'armature de la bobine est mince, moins les pertes sont importantes dans la chaîne magnétique et plus le champ magnétique est puissant. Cela signifie que la pression sonore et donc le volume du son seront plus forts. Un conducteur en cuivre entraîne des pertes au sein du champ magnétique.

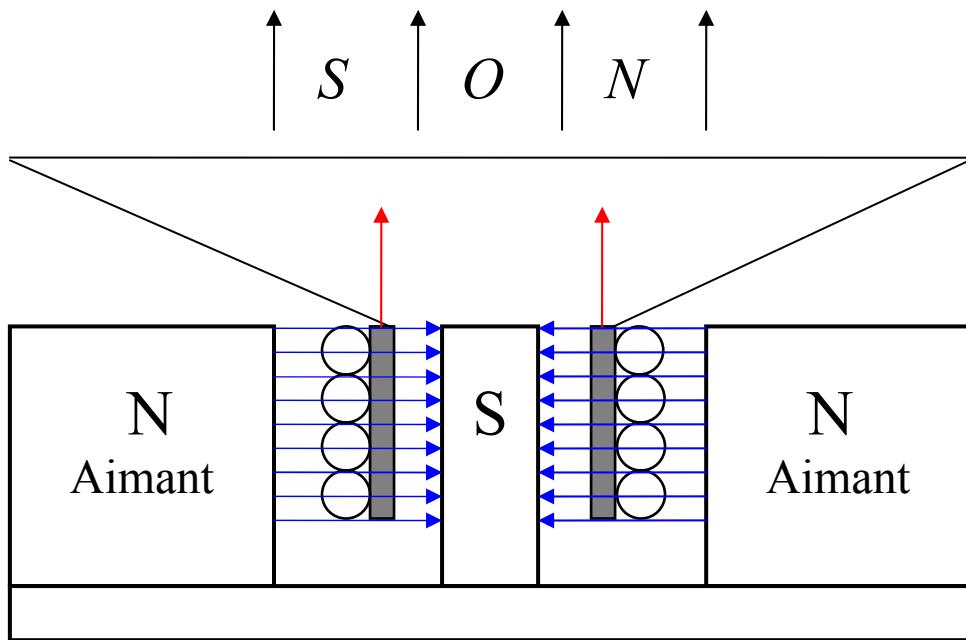


Figure. 2.4. Coupe transversale de la chaîne magnétique d'un haut-parleur

Les Figures 2.3 et 2.4 illustrent les changements : au lieu du fil de cuivre, on utilise du fil composé d'un matériau ferromagnétique, comme l'acier. L'inventeur, Sokolov, a fait breveter un haut-parleur en 1936 dans lequel la partie enroulée était faite dans un matériau ferromagnétique dont l'objectif était d'augmenter l'efficacité du dispositif. Le matériau ferrimagnétique est un bon conducteur qui n'entraîne pas de perte au sein de la chaîne magnétique.

### 2.2.3.3. Conductibilité électrique du modèle à quatre éléments

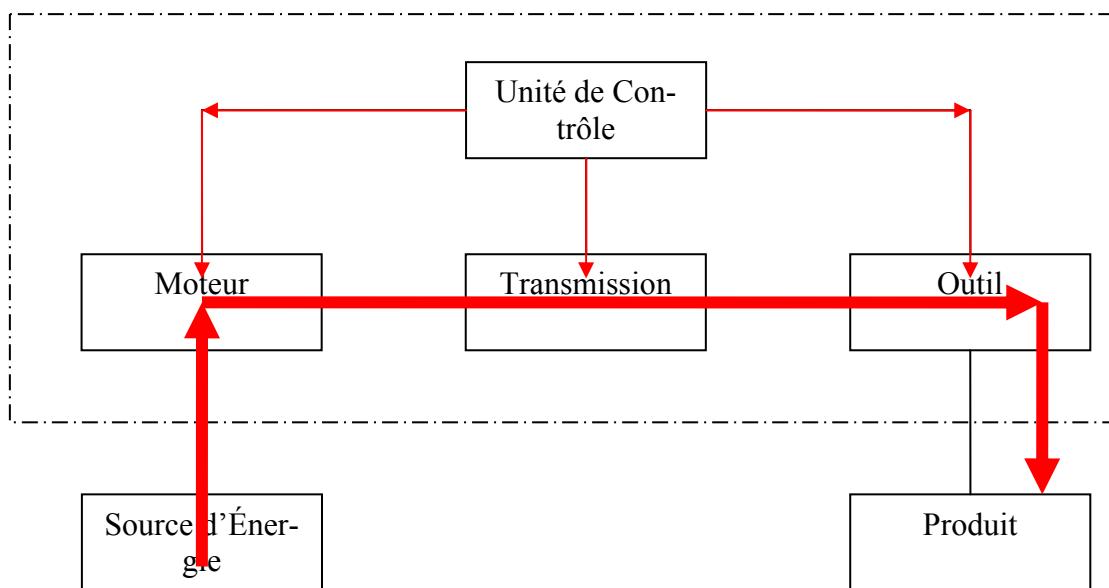


Figure. 2.5. Conductibilité électrique du modèle à quatre éléments

## ***La conséquence de la contrôlabilité***

« Pour qu'une partie du système technique soit capable de fonctionner, il est nécessaire de fournir la continuité électrique entre cette partie et l'unité de contrôle ». Qu'est-ce que cela signifie ? Comment devons-nous faire ? Il est nécessaire :

1. de construire un modèle à quatre éléments du système technique.
2. d'analyser s'il y a un passage de l'énergie dans les parties du système.
3. d'analyser s'il y a une continuité énergétique entre les parties du système technique et l'unité de contrôle.
4. d'établir quels sont les champs qui sont utilisés pour la gestion et d'analyser s'il est nécessaire et possible de remplacer un champ qui fonctionne mal par un champ qui fonctionne bien en respectant l'ordre suivant : gravitationnel, mécanique, thermique, magnétique, électrique, électromagnétique.

## ***Le problème inverse – rompre la continuité électrique***

Lors de la résolution de certains problèmes, c'est l'action inverse qui est requise. Il est alors nécessaire de ne pas laisser passer l'énergie afin d'empêcher l'influence néfaste du système technique sur un produit. Dans ce cas, il est nécessaire de commencer par définir la fonction.

### **2.2.3.4. Exemple 2.3. Un bouton d'arrêt d'urgence sur une presse.**

Les presses (un équipement utilisé pour appliquer du poids sur quelque chose afin de le rendre plat ou de faire sortir un liquide) ou les ciseaux mécaniques à commande manuelle sont utilisés dans de nombreuses usines. L'ouvrier place manuellement un matériau semi-fini sur la zone de travail, puis actionne la presse. C'est là que se situe le danger car la main de l'ouvrier peut être placée dans la zone dangereuse au moment où la presse est démarrée. Comment empêcher que la presse soit démarrée lorsqu'une main se trouve dans la zone dangereuse ?



Nous représentons sur le schéma du système technique quelle action néfaste doit être empêchée (Fig. 2.6). Il est nécessaire d'améliorer la contrôlabilité de la presse : la presse ne doit pas être démarrée lorsqu'une main est placée dans la zone dangereuse. La fonction du nouveau système technique sera donc : « démarrer une presse uniquement s'il n'y a aucune main de l'ouvrier dans la zone dangereuse ».

Dans ce cas, l'opération de la presse est complétée de manière que si la main de l'ouvrier apparaît dans la zone dangereuse, il ne soit pas possible de démarrer la presse. En d'autres termes, au début, le mécanisme est incontrôlable dans le problème décrit : le mécanisme peut fonctionner dans le cas où au moins une main se trouve dans une zone dangereuse. Sur le schéma (Fig. 2.7), il n'y a pas de communication électrique – flèches rouges – dans une chaîne opérative entre l'Unité de Contrôle et les autres parties du système. Le caractère unique de cette situation est expliqué par le fait que lorsqu'un ouvrier dépose un matériau sur la zone de travail en utilisant une main, l'autre main est utilisée pour démarrer la presse. Il est nécessaire de détruire, d'interrompre, le passage de l'électricité dans toutes les parties de la chaîne si une main est placée dans la zone dangereuse.

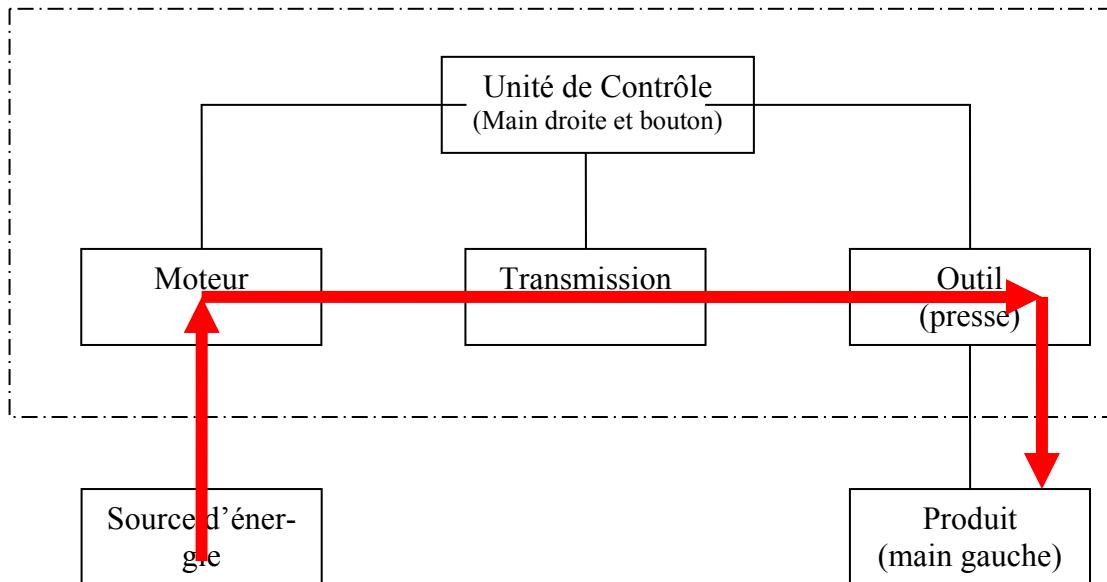


Figure 2.6.

La décision est fondée sur la nécessité d'utiliser les deux mains pour démarrer la presse. Il est possible de démarrer la presse uniquement lorsqu'un ouvrier appuie sur les boutons simultanément avec les deux mains. Malgré sa simplicité, ce problème est resté non résolu pendant des années. Divers capteurs qui signalaient la présence d'une main dans la zone dangereuse ne fonctionnaient pas de manière fiable. Aujourd'hui, la nécessité d'avoir une commande bi-manuelle sur les mécanismes dangereux est prescrite par la norme européenne EN574 « Sécurité des Machines. Dispositifs de commande bi-manuelle. Aspects fonctionnels », qui est appliquée par tous les constructeurs d'équipements de ce type.

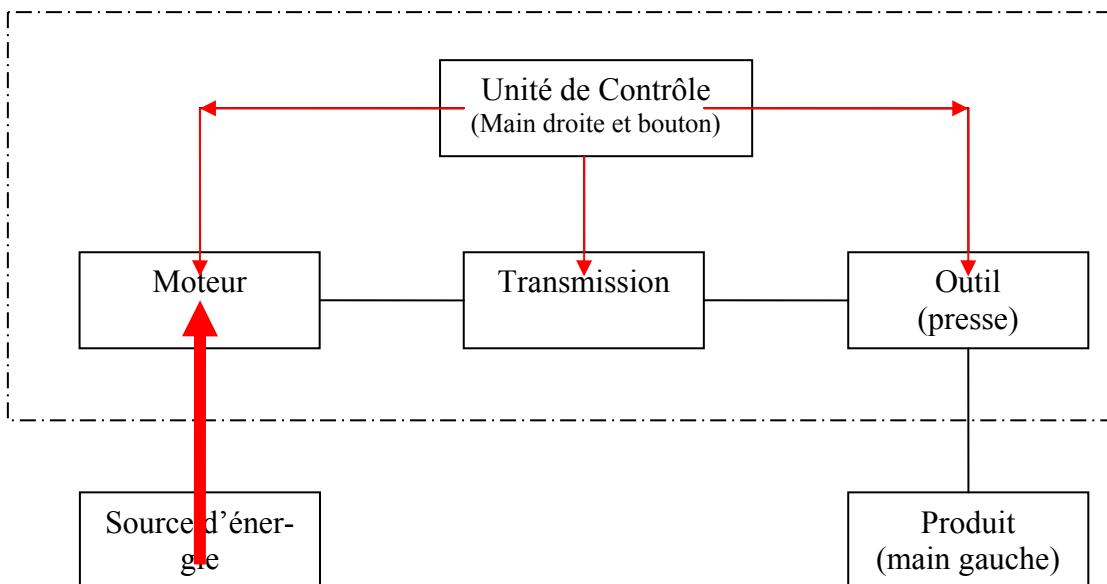
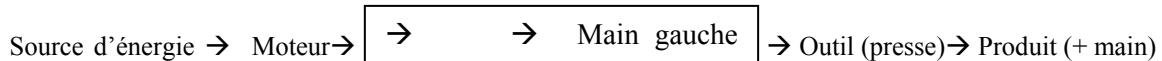


Figure 2.7.

Les changements sont illustrés dans le schéma ci-dessous et traduisent la décision de commander la presse avec les deux mains. Le dispositif de commande démarre la presse lorsque deux boutons sont pressés simultanément par les deux mains. Le passage de l'énergie à travers le système, et plus loin jusqu'au produit, est interrompu (lorsqu'une main apparaît dans la zone dangereuse avec le matériau).



#### **Exemple 2.4. Protection contre le scannage électronique.**

Nous allons développer un exemple supplémentaire afin d'illustrer un cas dans lequel il est nécessaire d'interrompre la continuité électrique d'un système.

Le magnifique et attrant extérieur que forment les bâtiments et vitres des banques modernes et des casinos influence largement leur activité. Cependant, des équipements électroniques fonctionnent dans ces bâtiments, dont l'activité (divers codes, mots de passe, etc.) peut être facilement scannée ou lue de l'extérieur par des signaux radios rayonnants. Les bâtiments doivent être imperméables aux ondes électromagnétiques afin d'éviter ces problèmes, tout en tenant compte des conditions de sécurité. Mais couvrir toutes les fenêtres de plaques métalliques ne serait pas très beau vu de l'extérieur. Que faut-il faire ?



Aujourd'hui, aux fenêtres des banques et des casinos, on voit souvent ces gracieux rideaux faits de chaînes métalliques (Fig. 2.8. et 2.9.). Dans quel objectif sont-ils utilisés ?



Fig. 2.8.

Fig. 2.8. Montre la fenêtre d'un casino en Europe.

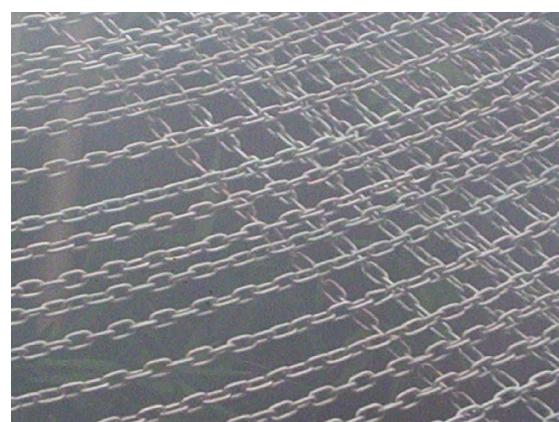


Fig. 2.9.

Fig. 2.9. Montre la structure du rideau (l'image est agrandie)

#### **Le modèle de la machine « nocive »**

Le modèle de la machine « nocive » est utilisé pour résoudre des problèmes similaires. Le problème est que lorsque l'on résout des problèmes pratiques, un élément nocif restreint souvent l'effet utile (efficacité). Un modèle de la machine « nocive » est créé afin de définir correctement les parties du système qui causent cette influence néfaste, et permet de sélectionner un élément modifiable. La logique de construction d'une machine nocive est la même que pour un système technique ordinaire. Nous commençons l'analyse par la formulation de la fonction nocive qui nous dérange. Dans cet exemple, la fonction « Nocive » est d'accepter et d'enregistrer les signaux provenant de l'équipement électronique situé à l'intérieur.

Produit : un signal.

Outil : un appareil de scannage

Transmission : l'air à l'intérieur et à l'extérieur, un bâtiment, une fenêtre localisée entre l'équipement électrique et un scanner.

Moteur : équipement électrique.



## Le système technique utile.

Fonction : donner une bonne image à une entreprise (casino ou banque) grâce à l'apparence extérieure de son bâtiment.

Produit : l'œil d'une personne.

Outil : ondes électromagnétiques du diapason visible.

Transmission : le volume interne d'un bâtiment, fenêtres, rideaux, et l'air environnant qui s'échappe des fenêtres et atteint l'œil de la personne qui regarde.

Moteur : Reflet de la lumière du soleil ou lumière artificielle émise depuis les murs et surfaces intérieures.

Source d'énergie : lumière du soleil ou lumière artificielle.



## Le système technique nocif.

Fonction : lire les données de l'équipement électronique situé à l'intérieur.

Produit : rayonnement de l'équipement électronique.

Outil : un scanner à l'extérieur.

Transmission : volume interne des bâtiments, d'un mur, une fenêtre, des rideaux, et l'air environnant entre la fenêtre et le scanner.

Moteur : l'équipement électrique.

Source d'énergie : un réseau électrique.

Si deux modèles de systèmes techniques - utile et nocif - sont représentés graphiquement, il est facile de voir que la partie générale des Transmissions coïncide dans les systèmes utile et nocif.

### 2.2.4. Instruments (comment utiliser)

À quelles fins peut-on appliquer les instruments ? Pour :

- Solution à des problèmes pratiques : création de la « machine utile » ;
- Solution à des problèmes pratiques : destruction de la machine « nocive » ;
- L'analyse du système technique conformément à la loi – une estimation des avantages compétitifs du système technique ; estimation des points faibles du système technique ;
- Un élément constitutif qui prévoit le développement du système technique : quelle partie du système technique ou quels paramètres du système technique causent les plus grandes difficultés pendant l'opération ?

Comment utiliser ?

1. la continuité énergétique – Exemples : 2.2, 2.5, 2.6.
2. à propos de contrôle – Exemples : 2.5, 2.6.

**une cassure dans le lien énergétique – Exemples : une presse ; des rideaux métalliques ; 2.4, 2.5.**





## 2.2.5. Exemple (Problème-Solution)

### Exemple (Le pronostic du « contrôle » de la voiture)

Imaginez : vous vivez en 1901 et vous travaillez pour l'entreprise Mercedes. On vous demande de faire un pronostic concernant la demande mondiale de voitures pour les 25 années à venir. Pour la prévision, il est nécessaire de définir correctement les facteurs qui limitent la croissance de la consommation d'un produit. Quel était, d'après vous, un des freins à l'augmentation de la production et de la vente de voitures du point de vue du niveau de développement courant du système technique « voiture » ?

- Coût de production ?
- Vitesse de la voiture ?
- Économie du moteur ?
- Niveau de pollution des gaz d'échappement ?
- Complexité de la conduite ?

En fait, le dernier point est correct. Au début de la voiture à moteur, conduire était difficile, voire dangereux. Les premières voitures n'étaient conduites que par des sportifs. De nombreux propriétaires de voitures louaient les services de chauffeurs qui avaient bénéficié d'une formation extensive afin de bien conduire.

Imaginez si vous aviez eu à conduire à une vitesse de 50 km/h dans une voiture instable sans parois latérales, sans pare-brise et sans essuie-glace, mais avec une série de mécanismes compliqués, des freins faibles et des pneumatiques peu fiables. La place du pilote était équipée de tellement de manches et de leviers de contrôle que la capacité à les utiliser rapidement ne venait qu'avec la pratique. Il y avait trois leviers de frein : sur un arbre de transmission, sur les roues arrière et sur ce que l'on appelait « une cale articulée de retenue en côte », une plaque pointue abaissée sur la route dans un mouvement de levée lorsque les freins n'arrêtaient pas la voiture (un prototype du frein à main moderne). Le concepteur ne s'était pas embarrassé de savoir s'il était possible d'atteindre un levier ou s'il était pratique à utiliser. Le levier avait donc été installé d'après les exigences de la conception et requérait de la part du pilote d'improbables talents d'acrobate pour l'atteindre.

Comment appliquer la loi de la continuité électrique aux parties d'un système afin d'améliorer les compétences en matière de conduite ?

D'après la deuxième conséquence de cette loi, « il est nécessaire d'assurer la continuité de l'énergie entre cette partie et les organes de contrôle afin de contrôler la partie du système technique ». L'absence d'une telle communication rendait la conduite difficile et peu fiable, et requérait une longue préparation des conducteurs. En d'autres termes, cela limitait le développement du système technique et de la quantité de voitures produites. Pour les constructeurs, cela était également synonyme de manque à gagner ...

Il est important et utile de connaître les lois de développement des systèmes techniques, non seulement pour les ingénieurs, mais également pour les chercheurs du marché. Leur manque de connaissance ou leur ignorance a mené à un pronostic qui fait sourire aujourd'hui :

La demande mondiale de voiture n'excédera jamais un million – principalement en raison de la limitation du nombre de chauffeurs disponibles.

(Market Research Study, Mercedes Benz, 1901, cité dans Timon Wehnert, *European energy futures 2030: Technology and social visions from the European energy Delphi survey* (Berlin and Heidelberg, Springer Berlin, 2007), p. 53.

Bien heureusement, les dirigeants et les concepteurs de Mercedes n'ont pas écouté ce pronostic ; au lieu de cela, ils ont amélioré la voiture et l'on rendue plus simple à conduire.



### Exemple (La gestion d'une entreprise)

Les problèmes de fonctionnement de la voiture la plus rapide semblent simples en comparaison avec les problèmes de gestion d'une petite entreprise. La loi de la continuité électrique s'applique également dans ce cas. Josef O'Connor et Ian McDermott, experts en matière de gestion d'entreprise donnent un exemple d'innovation manquée dans une entreprise dans leur livre *The Art of Systems Thinking* : une entreprise invita un expert pour améliorer le travail de son département de comptabilité de gestion. Grâce aux recommandations ainsi reçues, le département commença à travailler de manière plus efficace. Mais pour cela, le département requérirait bien plus d'informations de la part d'autres départements de l'entreprise, du département marketing par exemple. Une charge supplémentaire liée à la collection et au transfert de données était imposée au département marketing, détournant les employés de leur travail de base. Suite à cette innovation, l'entreprise connut une longue période de difficultés dans le domaine de la production normale et des ventes de ses produits.

En raison des changements dans l'entreprise, la « continuité énergétique » de la structure de l'entreprise était interrompue ; à un certain point, elle était devenue incontrôlable. Suite à l'innovation acceptée, le département de comptabilité de gestion avait affecté la « continuité électrique » du département marketing, et cela signifie qu'il avait affecté la « continuité électrique » de toute l'entreprise.

### 2.2.6. Auto-évaluation (Questions, tâches)

#### Résumé.

Nous avons besoin de conduction d'énergie à travers toutes les parties d'un système (la loi de la continuité de l'énergie) pour que le système technique fonctionne à son niveau minimal, en plus de la présence de toutes les parties d'un système technique (loi de l'intégralité des parties d'un système, voir Chapitre 1 ci-dessus).

Il est nécessaire de fournir le lien énergétique entre cette partie et l'unité de contrôle afin de contrôler la partie du système technique.

#### Les définitions de base

Conductibilité énergétique ; degré de contrôle ; « machine nocive » ; paramètres estimés.

#### Questions

(Les réponses à toutes ces questions peuvent être trouvées dans le texte de ce chapitre. Veuillez relire les paragraphes correspondants de ce chapitre).



1. Quelles parties sont comprises dans le modèle à quatre éléments d'un système technique ?
2. Quelles conditions de capacité minimale de travail un système technique présente-t-il ? (d'après la loi de l'intégralité des parties d'un système) ?
3. Quelles conditions de capacité minimale de travail un système technique présente-t-il ? (d'après la loi de la continuité électrique des parties d'un système) ?
4. Spécifiez les noms des parties qui sont comprises dans un modèle à quatre éléments du système technique : Transmission, Produit, Moteur, Source d'Énergie, Unité de Contrôle.
5. (\*) Spécifiez les noms des éléments du modèle à quatre éléments du système technique : Transmission, Source d'Énergie, Moteur, Produit, Outil, Su-Field, Environnement, Unité de Contrôle.....

(\*) Quels sont les défauts de la dynamo qui a un mécanisme de transmission sur la roue d'une bicyclette ? : (1) d'après vous ; et (2) du point de vue des Lois d'Évolution des Systèmes d'Ingénierie.

La dynamo traditionnelle (le générateur d'électricité) est installée comme source de courant électrique pour les lumières d'une bicyclette. L'énergie de rotation est transférée de la dynamo à la roue de la bicyclette. C'est pour cela que la dynamo a un galet placé sur l'arbre d'un générateur. Pendant le contact avec le bord de la roue, le galet tourne et entraîne la rotation de l'arbre et du rotor du générateur (Photo prise par l'auteur).



Fig. 2.10.



Fig. 2.11.



Fig. 2.12.

Les photos illustrent la dynamo traditionnelle (générateur) sur une bicyclette.

### **Exercices.**

1. Composez le modèle à quatre éléments du système technique pour la mise en place de lumière sur une bicyclette. Le système technique comprend ; une lumière avant (avec une ampoule, du verre et un réflecteur), les lignes de transmission (câbles), un cadre de bicyclette (sert de conducteur), l'interrupteur ; le générateur de courant électrique (dynamo) ; une roue qui tourne.
2. (\*) D'après vous, quelle est la fonction de base d'une voiture ? Quels sont : l'« Outil », la « Transmission », le « Moteur », la « Source d'Énergie », l'« Unité de Contrôle » dans une voiture, d'après le modèle à quatre éléments ?
3. La première bicyclette. Certaines des premières bicyclettes n'avaient pas de freins et pas de guidon pour l'opération de la roue avant et pour le mouvement consistant à tourner. Construisez le modèle à quatre éléments d'une bicyclette comme moyen de transport et indiquez la connectivité du courant sur ce modèle : le passage d'énergie : la présence de connectivité électrique entre les parties du système ; et une unité de contrôle.



### **Tâches.**

Les Figures. 2.2 et 2.3 illustrent la vue transversale d'une chaîne magnétique. Par exemple, les aimants les plus puissants sont utilisés dans les puissants haut-parleurs de concert. Pour une capacité encore accrue, il est nécessaire de réduire les pertes dans la chaîne magnétique aux dépends du boîtier de la bobine. Lorsque le courant passe à travers la bobine dans les haut-parleurs puissants, la bobine chauffe considérablement et peut fondre. Dans ces conditions, il est important de souffler de l'air sur la bobine à partir de différents points afin de la refroidir. Mais puisque la bobine est faite d'un matériau électriquement isolant, ce matériau l'isole également de la chaleur et empêche l'air de refroidir la bobine. Que suggérez-vous ?

Indication 1 : Examinez le système technique du point de vue de la continuité énergétique, comme dans l’Exemple 2.3.

Indication 2 : Formulons la contradiction : « Le boîtier de la bobine doit être utilisé pour\*\*\*; et le boîtier de la bobine ne doit pas être utilisé pour \*\*\*».

**Le record de vitesse de la voiture.** La première voiture avec un moteur de fusée, « Blue Flame », était la première voiture à dépasser la vitesse de 1 000 km / heure. Pilotée par Gari Gabelich cette voiture a atteint la vitesse de 1001,452 km/h sur la surface lisse d’un lac salé de l’État de l’Utah en 1970. Un des problèmes auquel étaient confrontés les concepteurs était de savoir comment mettre en œuvre les freins de cette voiture. Le frein classique n’est pas efficace sur cette voiture. Dans ce cas, la distance de freinage est de plusieurs centaines de mètres. Comment est-il possible d’arrêter une voiture-fusée après sa performance record ?

## 2.2.7 Références



- Altshuller, G. S.,** *Creativity as an Exact Science. Theory of Inventive Problem Solving* (en russe) (Sovetskoye Radio, Moscou, 1979), pp. 124-125.
- Altshuller, G. S.,** *Creativity as an Exact Science: The Theory of the Solution of Inventive Problems* (traduction anglaise A. Williams. Gordon and Breach Science Publishers, New York, 1984), pp. 225-227.
- Salamatov, J.**, “System of development of creativity laws”. // *Chance to Adventure*, Petrozavodsk, “Karelia”, 1991. pp. 68-75. (en russe)
- Timon Wehnert,** *European energy futures 2030: Technology and social visions from the European energy Delphi survey* (Berlin and Heidelberg, Springer Berlin, 2007).
- Josef O’Connor and Ian McDermott.** *The Art of Systems Thinking: Essential skills for creativity and problem solving* (HarperCollins, 1997).



**2.5 La loi du développement inégal des parties d'un système**

## 2.3: La loi de l'harmonisation du rythme des parties du système

Dans une banque européenne connue, je montais un jour à l'étage en prenant le grand escalier en colimaçon. Cette cage d'escalier me rappela les escaliers en colimaçon que l'on trouve dans les châteaux et forteresses médiévales. Quelles similarités y-a-t'il ?

Les défenseurs d'une forteresse cherchaient à protéger chaque brique, chaque marche d'une échelle, chaque virage d'un couloir. Vus d'en bas, les escaliers, qui devaient être un obstacle se dressant face à l'ennemi essayant de monter à l'étage supérieur, tournaient toujours de gauche à droite. La raison pour cela était que la plupart des combattants tenaient leur arme dans la main droite, cherchant à blesser leurs opposants sur le côté gauche où est situé le cœur. Ceux qui défendaient la position depuis le haut avaient donc une totale liberté de mouvement avec leur main droite, ce que n'avaient pas ceux qui venaient d'en bas en raison du poteau central de l'escalier.

Cet exemple illustre la loi de l'harmonisation du rythme des parties d'un système, qui est le sujet de ce chapitre.



### 2.3.1. Définition

Une condition nécessaire à la viabilité d'un système technique est l'harmonisation du rythme (fréquences de vibrations, périodicités) de toutes les parties d'un système.

G. S. Altshuller, *Creativity as an Exact Science: The Theory of the Solution of Inventive Problems* (traduction anglaise A. Williams. Gordon and Breach Science Publishers, New York, 1984), p. 227.



### 2.3.2. Théorie (Détails)

Deux des conditions à la viabilité basique du système technique sont décrites dans la première et la deuxième loi (Chapitres 1 et 2 ci-dessus).

1. Présence et capacité minimale de travail des parties de base du système technique, comme le Moteur, la Transmission, l'Outil, l'Unité de Contrôle.

2. Conductibilité énergétique dans toutes les parties du système technique.

La troisième loi introduit une condition supplémentaire, un paramètre évalué supplémentaire du système technique : l'harmonisation du rythme des parties d'un système technique. Une erreur typique pendant l'analyse d'un système technique d'après les lois de développement des systèmes techniques est que l'utilisateur commence l'analyse sans formulation correcte de la fonction requise de la part du système technique analysé. Selon la fonction, il est nécessaire, dans certains cas, de coordonner les rythmes des parties du système technique, et dans d'autre cas, de les désorganiser.

Les paramètres contrôlés du système technique peuvent être : la fréquence, la périodicité, la direction, la vitesse, la phase, la séquence, l'intégration d'espace d'air (porosité) et d'autres paramètres.

La loi dont il est question dans ce chapitre s'appelle : « La loi de l'harmonisation du rythme des parties du système ». Cependant, l'accord et le désaccord des rythmes des parties du système sont tous deux nécessaires pendant la résolution de problèmes pratiques.

Il est très important de comprendre dans quels cas il est nécessaire d'assurer l'accord des rythmes des parties du système, et dans quels cas il faut le désaccord des rythmes. L'harmonisation des rythmes des parties du système est ainsi nécessaire pour remplir la fonction du système. Dans ce cas, le concept d'« harmonisation » inclut à la fois l'accord et le désaccord.

Par exemple, pour affaiblir un ennemi, il faut que ses mouvements soient décalés par rapport à ceux d'un défenseur de la forteresse. Le désaccord dans le rythme des mouvements peut être obtenu à l'aide de la direction appropriée de la cage d'escalier. Cet exemple a été vu au tout début du chapitre.

L'approche plus détaillée de la sélection de l'accord ou du désaccord des rythmes des parties du système fera l'objet d'une discussion dans la section Instruments – Outils (comment utiliser).

L'incohérence des rythmes des parties du système technique est l'une des raisons du manque d'uniformité du développement du système technique (associé à d'autres raisons externes comme l'apparition de nouvelles exigences des utilisateurs envers le système technique, l'interaction avec d'autres systèmes techniques, etc.). La description détaillée de la loi de développement inégal des parties d'un système est présentée dans le Chapitre 5.

### 2.3.3. Modèle

Le Modèle à quatre éléments du système technique est utilisé pour analyser les systèmes techniques en termes de coordination des rythmes des parties. Pendant l'analyse de ces paramètres, il est nécessaire de veiller à la présence des parties basiques du système et de la continuité électrique des parties entre elles, mais également aux paramètres de cette continuité – fluctuations, périodicité, etc.

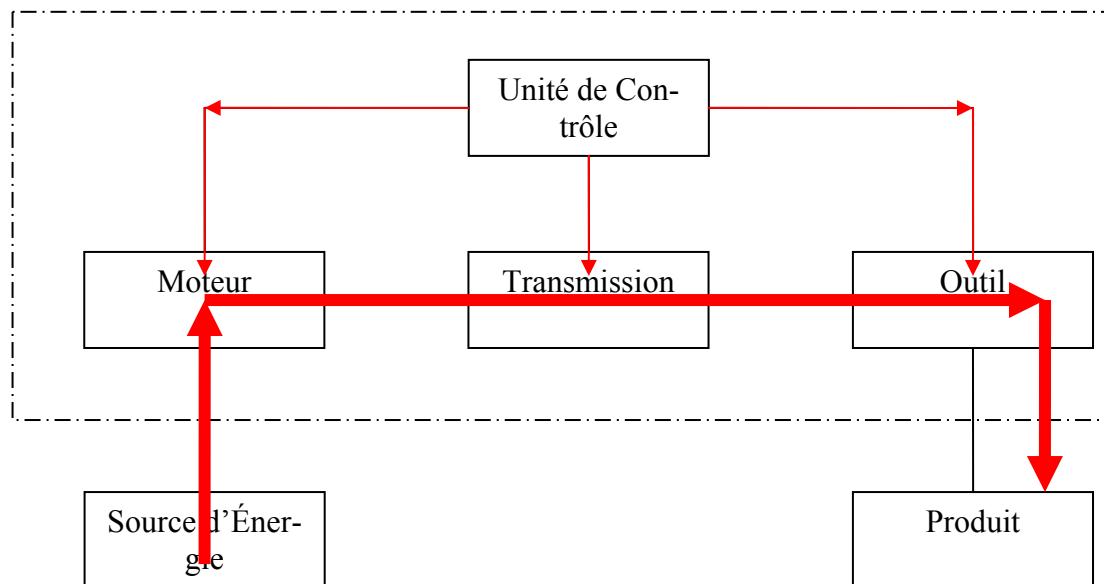


Fig. 3.1.

### 2.3.4. Instruments - Outils (comment utiliser)

Voyons quelques exemples d'accord et de désaccord des rythmes des parties du système. Pour ces exemples, nous n'utiliserons pas toujours des systèmes techniques.



Les exemples d'accord des rythmes des parties du système sont représentés ci-dessous :

1. L'accord de TAILLE. De nombreuses villes ont deux ou plusieurs systèmes de voies ferrées : pour les trams et pour différents types de trains. La capacité du trafic des voies ferrées peut être plus grande si elles sont également utilisées par les trams. Mais, cette capacité est absente dans certaines villes. Quelle en est la raison ? Le fait est que la largeur de la voie ferrée du tram est DIFFÉRENTE de celle du train. Pour que le tram puisse utiliser les voies ferrées, les TAILLES des voies (la distance entre les rails) doit être ACCORDÉE. La distance entre les rails doit être identique pour les trams et les trains. (Il convient de noter que dans ce cas, d'autres paramètres doivent être accordés. Par exemple : le potentiel électrique doit également être accordé).
2. L'accord du RYTHME. Pour conduire une voiture, il est nécessaire d'accorder l'injection de mélange carburant-air dans le cylindre du moteur et d'accorder le potentiel électrique à la bougie d'alimentation.
3. L'accord de FORME. Pour utiliser un outil efficacement (un couteau, un crayon, une poignée), la FORME de l'outil doit être en accord avec la forme d'une main.

1 Les exemples de désaccord des rythmes des parties du système sont représentés ci-dessous :



1. Les désaccords de TAILLE. Les jeunes enfants aiment goûter leurs jouets. Des parties individuelles de ces jouets peuvent tomber dans leur gorge et bloquer les voies respiratoires. Il est nécessaire qu'aucune partie du jouet ne puisse causer de dommage. Pour cela, il faut que la TAILLE de chaque partie du jouet soit en DÉSACCORD avec le diamètre de la gorge d'un enfant.
2. Le désaccord de la fréquence naturelle de vibration. On sait que les bâtiments dont la fréquence naturelle d'oscillation coïncide avec la fréquence de vibration de la Terre sont les plus endommagés lors d'un tremblement de terre.
3. Le désaccord de FORME. Pour permettre l'accès contrôlé aux bâtiments, la FORME des clés de différents bâtiments doit être en DÉSACCORD.

Pour quelles raisons doit-on appliquer la loi de l'harmonie du rythme entre les parties d'un système ?

Pour :

- La résolution de tâches pratiques : recherche de raisons d'effets indésirables et élimination des raisons des effets indésirables ;
- L'analyse du système technique conformément à la loi : estimation de l'avantage concurrentiel d'un système technique ou identification des points faibles du système ;
- Le pronostic de développement : une des approches est utilisée pour prévoir le développement du système technique : la présence de la coordination et le décalage des parties du système technique.

Comment appliquer la loi de l'harmonie du rythme des parties du système ?

- Pour rechercher et éliminer les raisons d'effets indésirables : la présence de décalage et l'**organisation des conditions coordonnées** – Exemples 3.1, 3.2, 3.3, 3.4, 3.5.
- Pour rechercher et éliminer les raisons d'effets indésirables : la présence de décalage et l'**organisation des conditions décalées** – Exemples : 2.3, 2.4, 3.3.

## Exemple 3.1. Jeux Paralympiques

Le problème suivant est apparu lors des Jeux Paralympiques, lors de la course longue distance réservée aux athlètes non-voyants et non-entendants. Chacun de ces athlètes a un guide pour l'aider à courir dans la bonne direction. L'assistant « mène » l'athlète – leurs mains sont reliées par un ruban flexible. Il n'y a pas eu de problème en ce qui concerne la bonne direction, chaque assistant a « mené » son athlète de manière fiable. Mais les athlètes courraient de manière peu sûre, sans ressentir l'atmosphère de compétition. En effet, comment transférer l'atmosphère créée par la présence de fans, leurs émotions, à des athlètes qui ne voient et n'entendent pas ?

Le commentateur d'une telle compétition a résolu le problème en l'espace de quelques secondes. Il a lancé une requête aux spectateurs ... (Quelle requête ? Vous le saurez après une brève explication théorique).

Les solutions traditionnelles :

- l'assistant pourrait tirer une corde, indiquant ainsi les applaudissements ;
- donner un récepteur avec un anneau vibrant à chaque athlète, et donner le transmetteur au commentateur ;
- ne pas organiser de telles compétitions.

Remarque :

Les Jeux Paralympiques sont une compétition sportive internationale pour personnes souffrant de handicaps. Ils ont traditionnellement lieu après les Jeux Olympiques et dans la même ville (depuis 1992) ; cette pratique a été formalisée par un accord entre le Comité Olympique International et le Comité Paralympique International en 2001. Les Jeux Paralympiques d'été existent depuis 1960 et les Jeux Paralympiques d'hiver depuis 1976. Le terme Paralympique est formé du préfixe grec « para », « proche, comme tout le monde », soulignant ainsi la volonté d'égalité entre les compétitions Paralympiques et les compétitions Olympiques.

Essayons de résoudre ce problème. Il est nécessaire de créer un canal de « continuité électrique » entre les spectateurs et les sportifs. Un système technique est donc nécessaire pour transférer l'information des spectateurs aux athlètes qui ne peuvent ni voir, ni entendre. Nous allons commencer par la définition de la fonction. La **fonction** recherchée est que les athlètes reçoivent l'encouragement des spectateurs pendant la compétition. N'importe quel type d'énergie peut être utilisé pour porter cette information.

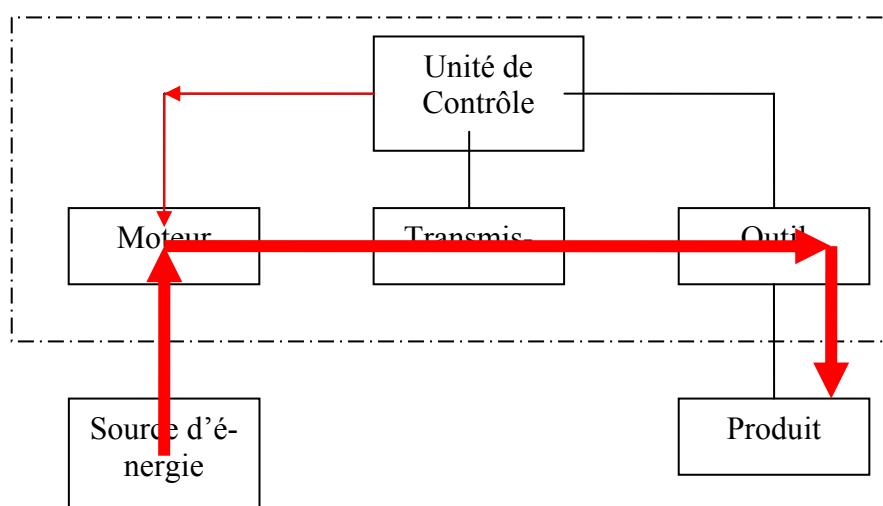


Fig. 3.2.

**Fonction** : Il est nécessaire de créer / fournir une atmosphère de fête et de transmettre les encouragements des spectateurs aux athlètes. D'après le Modèle ENV, il est nécessaire de changer la valeur du paramètre N de l'élément E, de V1 à V2.

E – un élément « un athlète, une personne souffrant de handicaps »

N – un paramètre « une capacité de sentir l'impact (par ex. l'impact des sons, odeurs, touchers) »

V1 – la valeur du paramètre « capacité absente »

V2 – la valeur du paramètre « capacité présente »

**Produit** – les athlètes, personnes souffrant de handicaps.

**Outil** – qui entoure directement les athlètes. D'après les conditions des compétitions, l'assistant ne doit pas aider l'athlète, il doit juste leur indiquer la bonne direction, sa direction. Tout moyen technique est admis (divers récepteurs, dispositifs de capteurs, etc.). Autres ressources de l'environnement : par ex. air, surface de la piste.

**Transmission** – une chaîne d'objets qui entourent l'athlète, de son corps aux spectateurs.

**Le Moteur et la Source d'Énergie** – les spectateurs.

Un champ mécanique (acoustique) et un champ électromagnétique d'un diapason visible d'ondes (lumière) sont accessibles aux sportifs voyants et entendants. Seule la perception tactile (un fort champ mécanique) est accessible aux athlètes qui ne voient pas et n'entendent pas. Ils n'entendent pas les exclamations des spectateurs. Il est nécessaire de renforcer l'influence du champ mécanique (acoustique). La solution est de coordonner les actions et les sons des spectateurs. Le commentateur a demandé aux spectateurs d'applaudir en rythme, et c'est lui qui donnait le rythme. Les applaudissements des spectateurs sont devenus rythmés et coordonnés. Les fluctuations de l'air renforcées par cette résonance ont atteint l'objet – les athlètes étaient capables de ressentir les applaudissements et l'appréciation des spectateurs sur leur peau. (Les non-voyants et non-entendants développent des capacités tactiles accrues. D'un côté, c'est un mécanisme de « compensation de l'organisme », et de l'autre, c'est une capacité qui se renforce avec l'expérience).

Remarque : Comparez cette solution aux solutions traditionnelles mentionnées ci-dessus.

### 2.3.5. Exemple (Problème-Solution)

#### Exemple

Pour augmenter la puissance générale des haut-parleurs, ils sont souvent combinés en paires ou en groupes et placés dans un boîtier unique. Dans cette situation, tous les haut-parleurs sont connectés en phase. Qu'est-ce que cela signifie ? Lorsqu'un signal arrive aux spires des bobines de son, les diffuseurs de tous les haut-parleurs doivent se diriger dans une direction, et non pas dans des directions opposées.

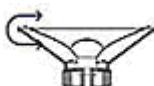


Fig. 3.3. Haut-parleur

## Exemple

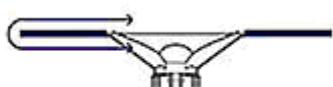


Les dessins de cette section illustrent le développement du haut-parleur. En réalité, la tête d'un haut-parleur sans enregistrement reproduit mal les fréquences basses en raison d'un court circuit acoustique. Aucune pression de son ne peut être créée devant un diffuseur lorsque le haut-parleur pompe du son à travers l'air et à partir de la paroi avant du diffuseur vers la paroi arrière, et que cette même paroi se déplace déjà dans l'autre sens lorsqu'arrive l'onde de la paroi avant. Ainsi, une onde en élimine une autre, conformément aux termes du modèle à quatre éléments. (Le mouvement d'un diffuseur et le mouvement de l'air qui est déplacé par le diffuseur ne sont pas coordonnés pour la réalisation de la fonction « créer des vibrations d'air »).



*Fig. 3.4.*

Le haut-parleur est placé dans un bouclier acoustique pour éviter cela. Il s'agit d'un panneau dont les dimensions sont calculées de manière que la plus courte distance de la paroi avant du diffuseur à la paroi arrière est égale à la moitié de la longueur d'une onde d'après la fréquence calculée. La coordination des fluctuations rythmées des parties du système technique « Haut-parleur » est donc assurée. Dans ce cas, les mouvements de masses d'air causés par le mouvement direct et par le mouvement vers l'arrière du diffuseur ne s'éliminent pas l'une l'autre, mais s'ajoutent pour augmenter la puissance des vibrations.

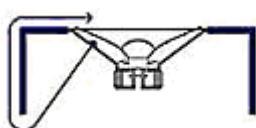


\* c'est une question de transmission, ses diverses parties en termes de modèle à quatre éléments.

\* considérez l'interaction du système technique « nocif » et du système technique « utile ».

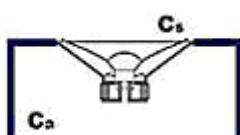
*Fig. 3.5.*

Cependant, le problème suivant apparaît dans ce cas. La taille du bouclier acoustique ne permet pas d'appliquer cette solution à des équipements pour la maison. La taille du bouclier devrait être de 3 mètres sur 3 pour empêcher le court-circuit acoustique à une fréquence de 50 Hz. Pour être plus précis, ces tailles doivent correspondre à la taille de la longueur d'une demi-onde à cette fréquence. Le bouclier acoustique doit être grand pour éviter le court-circuit acoustique, mais il ne doit pas être trop grand pour permettre l'installation de haut-parleurs dans l'équipement radio de la maison. (Dans ce cas, la taille du bouclier acoustique ne s'accorde pas avec la taille du boîtier de l'équipement sonore pour la maison : radio, lecteur de cassette, etc.). Pour résoudre ce problème, il est nécessaire de spécifier les paramètres « taille du bouclier acoustique » et « taille du boîtier ». La contradiction a été résolue en utilisant une armature tridimensionnelle – le bouclier acoustique en forme de boîtier ouvert. Les dimensions d'équipement des lampes à vide ont rendu cela possible. (Maintenant, il n'y a plus que dans les musées que l'on peut voir les récepteurs radio du siècle dernier mesurant 1x0.7x0.5m). Cependant, l'avènement des dispositifs avec semi-conducteurs – transistors et dispositifs avec transistor comme base – a permis de fabriquer des équipements dix fois - voire encore plus de fois - plus petits.



*Fig. 3.6.*

Le boîtier a été fermé pour éviter totalement le court-circuit acoustique avec les volumes bas.



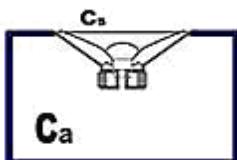
*Fig. 3.7*

Mais un autre problème est apparu. Les fréquences basses commençaient à être mal reproduites, mais pour d'autres raisons. Certes, le volume d'air ne résistait pas aux fluctuations de la dynamique du diffuseur dans un boîtier ouvert, mais le boîtier fermé est, quant à lui, devenu similaire à un ressort. La fréquence

résonante d'une dynamique a diminué aux dépends de l'élasticité du volume d'air dans le boîtier.

Dans ce cas, les vibrations du volume d'air dans le boîtier ne s'accordaient pas avec les vibrations du diffuseur. Pour être plus précis, pour ce qui est du paramètre « élasticité », le volume intérieur du boîtier et le cône du haut-parleur ne s'accordaient pas.

Il était donc nécessaire de produire des boîtiers plus grands afin que l'élasticité de ce ressort d'air soit bien inférieure à l'élasticité de son propre moyen de support de la dynamique. Cette solution permet de spécifier le volume d'air intérieur du boîtier et du diffuseur pour le paramètre « élasticité ». Mais cette solution entraîne un décalage de la taille du boîtier du haut-parleur



et de la taille du bâtiment. Le développement de la hi-fi (l'abréviation de haute fidélité de reproduction) a entraîné la fabrication de haut-parleurs énormes. Le haut-parleur stéréo le plus compliqué et le plus grand au monde (le volume est approximativement de 50 000 litres) appartient à l'entreprise américaine *Wilson Audio* et occupe le volume d'une pièce de 20 m<sup>2</sup>.

*Fig. 3.8.*

Dans ce fragment de l'histoire du développement du design des haut-parleurs, l'approche utilisée pour la résolution d'un seul problème est illustrée – la reproduction qualitative des fréquences basses. La coordination des rythmes des parties d'un système technique est le principal mécanisme que l'on observe.

Comment résoudre la contradiction « le volume du haut-parleur doit être grand pour réduire la fréquence résonante de la dynamique ; et le volume du haut-parleur doit être petit pour être placé dans un bâtiment » ? Cela sera expliqué dans le Chapitre 6 dédié à la loi de la transition vers un super-système (système de niveau supérieur).

### Exemple

Au XX<sup>ème</sup> siècle, dans de nombreux pays, il y avait plusieurs numéros de téléphones différents pour les appels téléphoniques d'urgences – pompiers, police, ambulance. Après que l'on eut compris qu'un tel manque d'harmonisation peut entraîner une perte de temps, des systèmes furent introduits, permettant d'appeler les services d'urgences avec un seul numéro. Le délai d'intervention des services d'urgences fut réduit. Mais dans certains cas, il est très important que tous les services arrivent en même temps. Le travail de tous les services doit être coordonné et ils ne doivent pas se déranger mutuellement. Les pompiers qui arrivent avant les secouristes et la police ne sont pas capables d'administrer les premiers soins aux blessés et risquent de détruire des éléments de preuve importants. Si la police ou les secouristes arrivent en premier, ils ne sont pas capables d'arrêter la propagation du feu ou d'atteindre les blessés bloqués par les flammes ... Il est donc très important de coordonner l'arrivée de tous les services.



Une nouvelle solution à ce problème a été développée en Corée du Sud. Afin de coordonner les appels d'urgence et l'arrivée de tous les services sur les lieux d'un accident, les véhicules et le personnel de ces services sont basés dans le même bâtiment, qu'ils quittent donc en même temps.

### Exemple

Dans beaucoup de pays nordiques, le matériel de construction typique est le rondin. Cette méthode a été utilisée pendant des siècles, et est toujours utilisée en Finlande, en Suède, en Russie et dans bien d'autres pays. Beaucoup d'anciens secrets de construction ont survécu jusqu'à aujourd'hui.



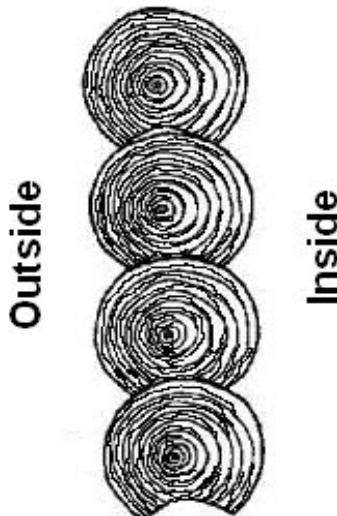


*Fig. 3.9. Une maison en rondins  
(source Kon Corporation, <http://www.dom.kon.ru/>)*



*Fig. 3.10. L'extrémité des rondins  
(source: [www.lesoryb.ru](http://www.lesoryb.ru))*

Dans la construction d'un bâtiment, les rondins sont placés de manière que la face du tronc qui était côté nord pendant la croissance de l'arbre apparaisse à l'extérieur du bâtiment. Les cercles de croissance annuelle sont plus minces sur le côté nord ; le bois de cette partie est plus dense, il possède une plus petite structure et est plus stable face à l'influence des facteurs naturels du soleil et de l'humidité.



*Fig. 3.11. Orientation des rondins*



*Fig. 3.12. Les extrémités des rondins  
(source: [www.lesoryb.ru](http://www.lesoryb.ru))*

La structure en rondins d'une maison a donc été effectuée d'après les facteurs naturels afin d'améliorer la qualité de cette structure.

### 2.3.6. Auto-évaluation (Questions, tâches)

#### Résumé.

La coordination du rythme des parties d'un système est nécessaire à la viabilité technique du système technique, en plus de la présence des parties efficaces minimales du système et du passage de l'énergie dans toutes les parties du système.

#### Les définitions de base

Rythme, fréquence d'oscillation, taux, coordination.



## Questions :

(Les réponses à toutes ces questions peuvent être trouvées dans le texte de ce chapitre. Veuillez relire les paragraphes correspondants de ce chapitre).

1. Quelles parties sont comprises dans le modèle à quatre éléments d'un système technique ?
2. Quelles sont les conditions de capacité minimale de travail d'un système technique d'après la loi de l'intégralité des parties d'un système ?
3. Quelles sont les conditions de capacité minimale de travail d'un système technique d'après la loi de la continuité électrique des parties d'un système ?
4. Quelles sont les conditions de capacité minimale de travail d'un système technique d'après la loi de l'harmonie des rythmes des parties d'un système ?



## Exercice.

Les pare-chocs des voitures servent à atténuer la force lors d'une collision avec un obstacle ou une autre voiture. Voyez si les paramètres du pare-choc sont coordonnés avec les valeurs des paramètres de pare-chocs des autres voitures.



## Exercice.

Protéger les enfants contre l'utilisation de produits médicaux. Il est bien connu que les enfants sont très curieux, qu'ils essayent d'ouvrir les placards et qu'ils goûtent souvent les choses qu'ils y trouvent. Il y a des substances qui ne doivent pas être consommées par les enfants. Les produits médicaux, par exemple, doivent être protégés afin que les enfants ne puissent pas les avaler s'ils les trouvent. Analysez le système technique d'une « boîte à médicaments avec couvercle à visser » en termes de passage de l'énergie. Comment couper ce lien énergétique en cas de tentative d'ouverture par un enfant ?



(Aide : deux lois sont utilisées pour l'analyse de cette situation : la loi de la « continuité énergétique » et la loi de l'« harmonie des rythmes ». Considérez le processus d'ouverture du bouchon à visser du conteneur par un enfant et par un adulte. Pour que l'adulte puisse ouvrir une bouteille facilement, il est nécessaire de garantir l'accord du rythme des mouvements des mains et du sens d'ouverture du bouchon. Mais il est également nécessaire de garantir un DÉSACCORD du mouvement de la main et du sens d'ouverture du bouchon afin qu'un enfant n'arrive pas à ouvrir le conteneur. Dans ce cas, il est nécessaire d'atteindre une continuité énergétique « nulle » du système « main □ bouchon □ filetage du conteneur ».)

### 2.3.7. Références

- Altshuller, G. S.,** *Creativity as an Exact Science. Theory of Inventive Problem Solving* (en russe) (Sovetskoye Radio, Moscow, 1979), p. 125.
- Altshuller, G. S.,** *Creativity as an Exact Science: The Theory of the Solution of Inventive Problems* (traduction anglaise A. Williams. Gordon and Breach Science Publishers, New York, 1984), p. 227.
- Salamatov, J.,** “System of development of creativity laws”. // *Chance to Adventure*, Petrozavodsk, “Karelia”, 1991. pp. 75-97. (en russe)



## 2.4 : La loi de l'augmentation du niveau d'idéalité du système

Les transports publics sont apparus il y a plus de 100 ans maintenant et les titres de transport, comme les tickets, sont apparus en même temps. Est-il seulement possible d'imaginer combien de tonnes de papier ont été utilisées par ce système technique pourtant plutôt récent ....

Récemment, des publicités pour un ticket sur le téléphone portable – « le titre de transport qu'une personne peut acheter en utilisant son téléphone portable » – sont apparues dans le tram de la ville de Karlsruhe (Bade-Wurtemberg, Allemagne). Le paiement s'effectue par SMS envoyé à la compagnie de transport. Le SMS est le titre de transport. Il n'y a pas de ticket traditionnel, mais la fonction du système technique « titre de transport » est remplie. Dans ce cas, la fonction du titre de transport est remplie par le téléphone portable et ses infrastructures.

Cela est l'exemple extrême d'un cas où le système technique non seulement change ses paramètres et les porte à un niveau supérieur, mais disparaît, est « dissolu » dans un autre système technique et lui transfère ses fonctions. Une solution similaire existe dans le domaine de la finance depuis de longues années : la « monnaie électronique ».

Il s'agit là d'exemples de la loi de l'augmentation du niveau d'Idéalité des systèmes, que nous expliquerons dans le présent chapitre.

### 2.4.1. Définition



Le développement de tout système s'effectue dans la direction de l'augmentation du degré d'Idéalité.

G. S. Altshuller, *Creativity as an Exact Science: The Theory of the Solution of Inventive Problems* (traduction anglaise A. Williams. Gordon and Breach Science Publishers, New York, 1984), p. 227-228.

### 2.4.2. Théorie (Détails)

Nous utilisons des descriptions idéalisées de vrais sujets, processus et phénomènes de diverses sciences grâce à l'utilisation de modèles. Dans les modèles, les détails mineurs, insignifiants, sont omis afin de souligner les caractéristiques principales. Par exemple, nous n'avons pas besoin de toute la documentation concernant la construction de la Tour Eiffel pour représenter l'un des symboles de Paris. Parfois, il suffit de dessiner la silhouette de la tour en quelques traits, ou bien comme le ferait un enfant.

Les concepts idéalisés sont utilisés dans les modèles, mais également dans de nombreuses théories et sciences (physiques, mathématiques, géométrie). Par exemple : « point éloigné à l'infini », la « machine thermique idéale », le « gaz idéal », les « dimensions infinitésimales » et autres concepts.

Considérons un nombre de définitions-clés utilisées dans TRIZ et qui sont liées par le concept de l'Idéalité dans le détail.

#### Les Définition de Base de l'Idéalité

Dans notre pratique quotidienne, nous travaillons sur des phénomènes et des processus pour des organisations dont nous dépensons l'énergie, le temps, l'argent, etc. Nous avons besoin d'un point de référence, qui est inatteignable en réalité, mais qui sert de norme de comparaison pour l'estimation de systèmes technique spécifiques ou la résolution de problème.

Il est possible d'expliquer le concept de l'Idéalité (I) avec un exemple sous forme de fraction : l'effet maximal (E) pour le paiement minimal (C).

$$I = E/C$$

Plus le résultat obtenu avec la moindre dépense est significatif, plus haut sera le degré d'Idéalité atteint. Il s'agit là du cas général. Nous allons considérer deux cas spéciaux : 1. Augmentation de l'Idéalité à dépense fixe et par augmentation de l'Effet ; et 2. Augmentation de l'Idéalité sur la base fixe de l'effet par la réduction de la dépense.

Lorsque nous considérons les facteurs fixes du paiement (aspects économiques, sociaux, écologiques et autres), le concept d'Idéalité reflète l'obtention du résultat maximal possible, comme l'obtention d'un effet additionnel qui n'était pas attendu auparavant. La cause de l'augmentation de l'Idéalité est souvent l'amélioration de paramètres dans un autre domaine. Donc, pendant la résolution d'un problème technique, les indicateurs économiques, écologiques et sociaux peuvent également être améliorés.

L'objectif est d'obtenir le résultat désiré en utilisant le moins de ressources possibles. L'Idéal est la dépense zéro.

### **Le système Idéal**

Le système Idéal est un système absent, mais dont la fonction est réalisée.

### **La solution Idéale**

La solution Idéale ne peut être obtenue en réalité, mais elle est utilisée comme point de référence pour estimer les solutions obtenues par le processus de résolution.

La solution Idéale ne crée pas d'effets négatifs, qu'importe à quel point nous dépassons les limites de l'Opérateur Système (le schéma multi-écrans : la quantité d'écrans du schéma sur les 3 axes tend vers l'infini).

Habituellement, pendant l'évaluation d'une solution, nous estimons les effets négatifs potentiels de cette solution par l'analyse d'une situation spécifique grâce au schéma de Pensée Avancée développé par Altshuller. Le schéma de Pensée Avancée montre une situation problématique spécifique et a pour règle une quantité limité d'écrans. Premièrement, la quantité d'écrans pour chacun des trois axes est limitée par nos stéréotypes (inertie psychologique). Deuxièmement, il y a les exigences, demandes, requêtes, besoins d'une situation spécifique contenant de nombreux facteurs subjectifs.

Au cours de la résolution, nous limitons la considération de la situation à un extrait du schéma, c'est-à-dire le schéma de Pensée Avancée d'Altshuller. Mais la solution obtenue doit être évaluée selon l'échelle / la portée maximale de l'examen. Cela est nécessaire pour déterminer plus précisément les implications des solutions obtenues pour les trois axes du Schéma de Pensée Avancée d'Altshuller.

Par exemple, sur un schéma multiplex, il est nécessaire de grimper 3 ou 4 niveaux au-dessus du niveau auquel le problème est décrit afin de déterminer le But Ultime. Le but Ultime est la fonction du super-système, qui est 3 ou 4 niveaux au-dessus du système original et qui fait partie du problème original.

La définition de la solution Idéale décrite ci-dessus a été développée pour augmenter le niveau d'objectivité de l'estimation de la solution obtenue.

Une autre fonction de la solution Idéale est de servir d'outil pour surmonter l'inertie psychologique. Lorsque nous avons obtenu la solution proche ou coïncidant avec le RPD, nous devons essayer de trouver des parties du schéma multi-écrans dans lesquelles cette solution créée ou peut créer un effet négatif. Nous devons trouver ces parties de l'opérateur système (le schéma Multi-écrans) qui n'ont pas été prises en compte lors de la création d'une image du RPD.

### **Le résultat le plus désirable (RPS) de la solution d'une situation problématique**

D'après l'axiome de l'« Impossibilité » de la Théorie Générale de Pensée Avancée, nous pouvons considérer qu'il n'y a rien qui ne puisse être résolu lors de la création d'une image idéale du RPD. Mais il semble que ces possibilités soient limitées. Dans ce cas, nous devons imaginer



que nous possédons une « baguette magique » nous permettant de lever les barrières et d'atteindre les résultats impossibles. Lorsque nous décrivons le RPD, il n'est pas permis de penser à comment le RPD sera obtenu. Le RPD est une intégration de tous les RFI (Résultat Final Idéal) obtenus au cours de l'analyse des situations problématiques par différents instruments de TRIZ OTSM.

### **Remarque :**

Au cours de l'évolution de TRIZ, le concept (RFI) et les règles de sa formulation ont été sans cesse améliorés. Tout d'abord, le RFI était considéré comme un résultat qu'il était nécessaire d'obtenir dans le processus de résolution. L'image de la solution présentait une forme libre. Plus tard, au cours du développement d'ARIZ, la formulation de RFI a été attribuée de manière croissante à une forme de **Contradiction**.

Dans la dernière version d'ARIZ, nous avons déjà une ligne de RFI. Suite au travail sur cette ligne, la formulation de RFI est spécifiée.

Donc, à l'Étape 1.1, le résultat qu'il est nécessaire d'obtenir est décrit sous une forme libre. À l'Étape 1.6, la description de ce résultat est affinée et concorde avec la contradiction technique. À cette étape, nous introduisons un élément X qui doit fournir une résolution de la contradiction, éliminer un effet indésirable (EN) et maintenir un effet positif (EP).

À l'**Étape 3.1** le concept de RFI-1 est introduit pour la première fois. Il apparaît comme le résultat de la mise en œuvre des Première (1) et Deuxième (2) parties d'ARIZ.

À l'**Étape 3.2** le RFI formulé à l'Étape 3.1 est exagéré de manière que l'élément X soit remplacé par une des ressources mentionnées à l'Étape 2.3. Cela doit indiquer que cette ressource permet Elle-même l'élimination de l'effet indésirable et ne nuit pas à l'effet positif.

À l'**Étape 3.5** un RFI-2 est formulé pour chaque CP (Contradiction Physique) exposée dans la 3<sup>ème</sup> partie d'ARIZ. Et les CP aux niveaux macro et micro ainsi que leur RFI-2 sont formulés pour chacune des ressources ayant fait l'objet d'une discussion dans la 3<sup>ème</sup> partie d'ARIZ. Fondée sur chacun des RFI-2, une nouvelle image plus détaillée de la future solution est créée. Ce RFI-2 intégral est à nouveau exagéré. Suite à cela, nous obtenons le RFI-2 intégral exagéré. Aujourd'hui, dans le cadre de l'application des outils de TRIZ OTSM, il est souvent nécessaire de travailler en parallèle sur des problèmes multiples. Pour chacun de ces problèmes, toute la chaîne des étapes est suivie conformément à ARIZ et un RFI-2 exagéré est déterminé.

La Convergence de tous les RFI-2 renforcés provenant de l'analyse de chacun des problèmes dans une image unique dans OTSM, est appelée RPD. Avec les outils de TRIZ Classique, les outils spécifiques d'OTSM sont utilisés pour déterminer le RFI.

### **Le Résultat Final Idéal (RFI)**

D'après les règles d'ARIZ-85-C, le RFI (Résultat Final Idéal) est formulé pour la contradiction particulière dans laquelle deux exigences incompatibles sont clairement définies et doivent coïncider sous la forme d'un résultat de la résolution de la contradiction. Le RFI détermine le but et le critère d'une estimation d'efficacité de la contradiction solvable. Plus notre solution est proche du RFI, meilleure elle est. Le Résultat Final Idéal sert donc de point référence dans notre travail sur le problème. C'est pourquoi, au cours de l'évolution d'ARIZ, le RFI a été développé, passant d'une étape au système d'étapes que G. S. Altshuller appelait le « Paquet de RFI » : RFI-1; RFI Renforcé ; RFI-2.

Dans OTSM, les technologies de « Contradiction » du Paquet de RFI ont été complétées par deux étapes additionnelles : RFI-2 est divisé en « RFI-2 Partiel » et « RFI-2 Joint ». Chacun des RFI-2 Partiels correspond au RFI Exagéré et est défini sur la base d'une Contradiction Physique (dans OTSM – la Contradiction des paramètres) au niveau macro et au niveau micro. Ainsi, chaque Contradiction Physique correspond à au moins deux IFR-2 Partiels : au niveau macro et au niveau micro. Chaque RFI 2 Partiel est un élément de la mosaïque que dessine le RFI-2 Joint.



### 2.4.3. Modèle

La vie du système technique (ainsi que celle d'autres systèmes comme les systèmes biologiques) peut être illustrée par l'image de la dépendance des paramètres principaux du système au cours du temps. Un tel modèle du système technique défini par une courbe en S (Fig. 4.1) est largement utilisé dans TRIZ OTSM. La courbe en S montre clairement comment les paramètres principaux (vitesse, capacité, productivité, etc.) évoluent au cours de la vie du système technique. Chaque système a ses particularités, son propre « portrait » de la courbe en S, mais il y a quelque chose de commun à tous les portraits, quelque chose qui caractérise tous les systèmes : 1 – Enfance; 2 – Maturité; 3 – Vieillesse.

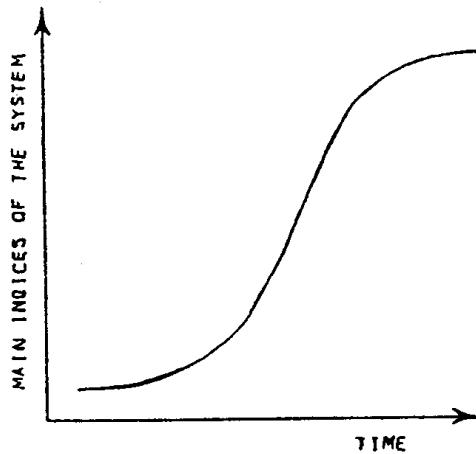


Fig.4.1 Courbe en S.

Au cours du développement du système technique, ses paramètres principaux augmentent et le système devient meilleur, plus idéal. Il est nécessaire de construire le schéma du changement dans le temps d'un des principaux indicateurs du système en utilisant les brevets trouvés et les autres sources des développements précédents du système analysé. De plus, la courbe en S obtenue est utilisée pour tirer des conclusions sur la phase de développement dans lequel se trouvait le système lorsqu'il a été trouvé.



Il y a plusieurs phases, ou étapes, de l'augmentation de l'Idéalité :

- Amélioration des paramètres d'un système (1-2 principaux) avec augmentation des coûts ;
- Amélioration des paramètres d'un système (1-2 principaux) avec coûts inchangés ;
- Amélioration des paramètres d'un système (apparition de nouvelles fonctions) avec augmentation des coûts ;
- Amélioration des paramètres d'un système (apparition de nouvelles fonctions) avec coûts inchangés ;
- Amélioration des paramètres d'un système avec diminution des coûts ;
- Amélioration des paramètres d'un système (avec coûts inchangés) avec diminution des coûts ;

La diminution significative des dépenses réalisées pour soutenir l'existence du système et l'apparition de nouvelles fonctions qui élargissent considérablement l'application du système se produit lors de la disparition complète du système technique (diminution), par exemple lors de sa combinaison avec un autre système ou sa transition vers un sous-système avec transfert de ses fonctions principales à un nouveau système.



### 2.4.4. Instruments - Outils (comment utiliser)

*Outils utilisés pour obtenir la solution idéale : lois instrumentales – la loi de l'intégralité des parties d'un système ; la loi de la continuité énergétique ; la loi de l'harmonisation du rythme des parties du système.*

Les étapes de l'augmentation de l'Idéalité	Les méthodes utilisées
Amélioration des paramètres d'un système avec une augmentation des coûts.	Utilisation intensive des ressources ; méthodes d'ingénierie du design de la construction
Amélioration des paramètres d'un système avec coûts inchangés.	Technologies visant à l'économie de ressources : solutions optimales ; solutions standards visant à l'économie de ressources
Apparition de nouvelles fonctions avec une augmentation des coûts.	Méthodes d'ingénierie du design de la construction ; Analyse de Valeur (avec l'augmentation insignifiante des dépenses)
Apparition de nouvelles fonctions avec coûts inchangés.	Méthodes d'ingénierie du design de la construction ; Analyse de Valeur
Amélioration des paramètres d'un système avec une diminution des coûts.	Analyse de Valeur, TRIZ OTSM
Apparition de nouvelles fonctions avec une diminution des coûts	Analyse de Valeur, TRIZ OTSM
La diminution significative des coûts nécessaires pour soutenir l'existence du système et l'apparition de nouvelles fonctions du système.	Analyse de Valeur, TRIZ OTSM

#### 2.4.5. Exemples

##### Exemple



Jusqu'aux temps modernes, les navigateurs utilisaient les étoiles et le ciel pour la navigation. Pensez à combien de navires ont trouvé leur port sans se perdre, et à combien de vies humaines ont été sauvées grâce à cette orientation directionnelle.

L'idéal ne peut être atteint, mais l'orientation vers l'idéal l'est ; nous pouvons nous diriger dans la bonne direction.

##### Exemple



Le radeau servant au transport de rondins est l'idéal. (Nous remarquerons que pour des systèmes et des solutions réelles nous ne pouvons parler d'Idéalité qu'en termes de comparaison car la solution idéale est, par définition, inatteignable). Ainsi, il est possible de dire qu'un radeau fait d'une cargaison de rondins à transporter est une solution plus idéale qu'un navire de transport transportant une cargaison de rondins.

Mais le monde est fait de contradictions. Nous pouvons observer que les rondins transportés dans un navire restent sec par rapport aux rondins du radeau. Donc, un autre paramètre, préserver la cargaison, a une valeur plus faible. Un nouveau problème apparaît ...

##### Exemple



Chaque kilogramme de cargaison est extrêmement cher lorsqu'il est placé dans une navette spatiale en orbite autour de la Terre. Ce n'est pas une exagération de dire que pour mettre un kilogramme de cargaison en orbite autour de la Terre, il est nécessaire de dépenser des moyens comparables au coût d'un kilogramme d'or.

À la fin du XX<sup>ème</sup> siècle, on a proposé de construire certains éléments de l'intérieur de la cabine d'une navette spatiale avec de la nourriture comprimée. En cas d'urgence, de manque de nourriture, il aurait été possible d'utiliser les parties d'un fauteuil ou d'une paroi intérieure comme nourriture.

## Exemple

Il est nécessaire d'avoir suffisamment de carburant pour des vols spatiaux de longue distance. Comment permettre à la navette de bouger sans carburant ? La trajectoire de la navette est calculée de telle manière qu'il est possible d'utiliser l'attraction gravitationnelle de diverses planètes. Le carburant n'est pas présent, mais la fonction « déplacer une navette spatiale d'un point de l'espace à un autre » reste présente.



## Exemple

La Fig. 4. 2. montre la coupe transversale de la chaîne magnétique d'un haut-parleur.

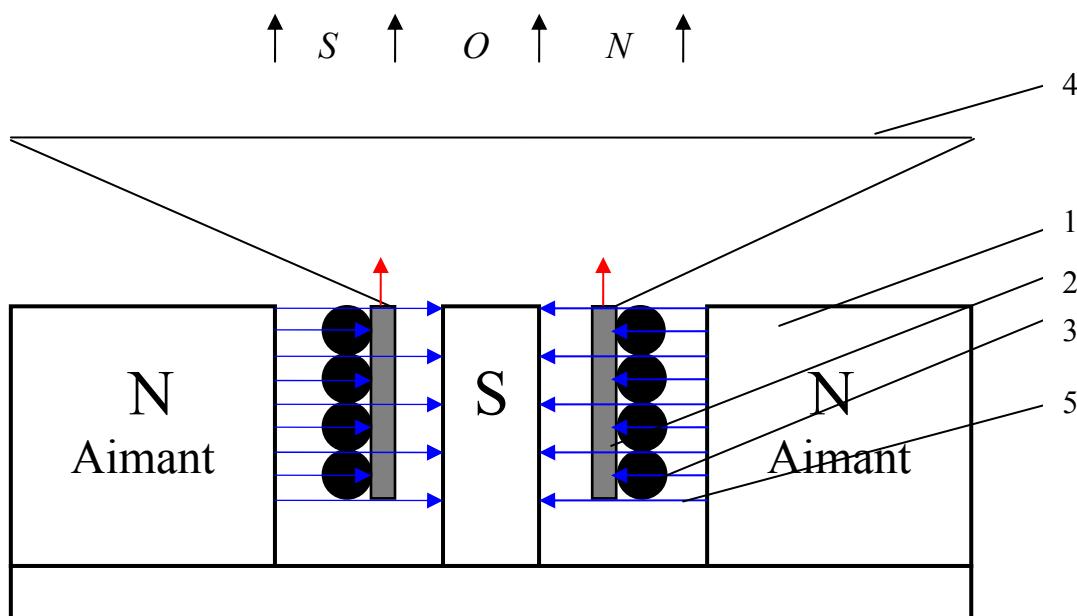


Figure 4.2.

La figure comprend

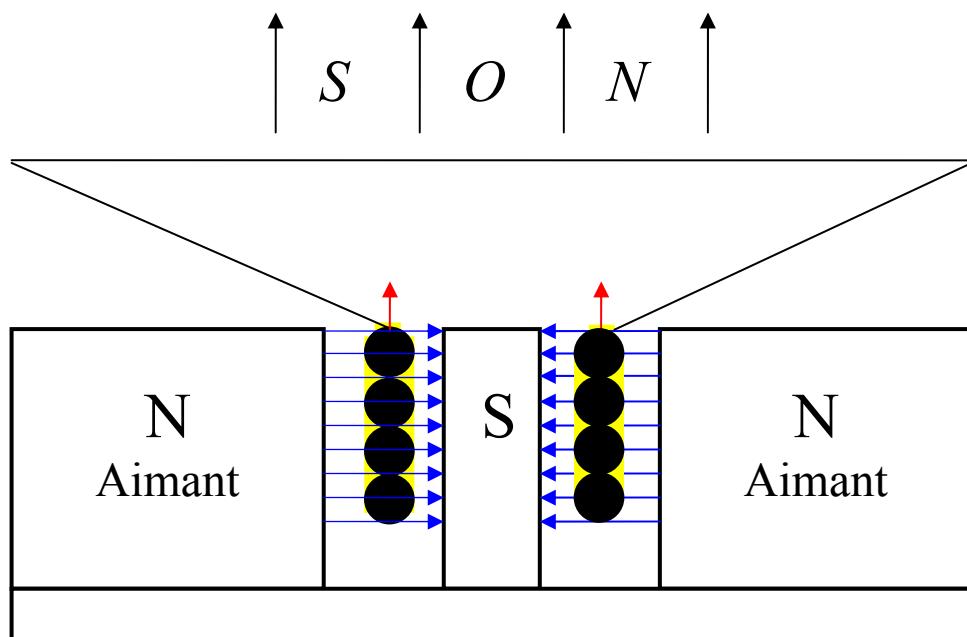
- 1 – Aimant
- 2 – Cadre de la bobine acoustique
- 3 – Spires de la bobine acoustique
- 4 – Diffuseur
- 5 – Lignes de force d'un champ magnétique

La bobine avec un conducteur, qui est localisée dans un champ magnétique, est le « Moteur », le convertisseur d'énergie des champs électriques et magnétiques en fluctuations mécaniques d'un diffuseur, puis de l'air. Ci-dessus (voir Chapitre 2, exemple 2.2, la tâche à la fin du paragraphe), nous avons déjà évoqué la chaîne magnétique d'un haut-parleur. Généralement, la bobine d'un haut-parleur est enroulée sur un carton ou un cadre plastique spécial et installée entre des aimants. Quelle est la fonction du cadre de la bobine ? Le cadre de la bobine maintient les bobines du conducteur au centre de la chaîne magnétique d'un haut-parleur, entre les pôles des aimants. D'après les règles exemplifiées ci-dessus (voir Chapitre 1, section 1.4.1 : « La loi de l'intégralité des parties du système » → « Comment déterminer correctement la fonction du

système technique »), nous allons spécifier la formulation « compenser l'action des forces élastiques des spires de la bobine de voix et les forces de gravitation sur les changements de localisation de la bobine ».

Néanmoins, le cadre de la bobine entraîne des effets indésirables. Premièrement, il entraîne des pertes de courant magnétique. Il occupe la petite place définie dans une ouverture entre les aimants. Et plus la distance entre les aimants est grande, plus le courant magnétique est faible, et donc plus la capacité du haut-parleur est également faible. Deuxièmement, le pire effet indésirable requiert le refroidissement de la bobine. Dans des haut-parleurs puissants, lorsque le puissant courant passe à travers la bobine, la bobine chauffe fortement et risque de fondre. Dans ces conditions, il est important de souffler de l'air sur la bobine à partir de différents endroits afin de la refroidir. Mais le cadre de la bobine est fait d'un matériau électriquement isolant, qui est également un isolant thermique et qui empêche donc de refroidir le conducteur de la bobine.

Mais quel est donc le cadre de bobine idéal ? C'est un cadre de bobine qui remplit la fonction spécifiée, mais ne prend pas de place. Le coût de sa construction est proche de zéro. En d'autres termes, le cadre de la bobine n'est pas présent, mais la fonction est remplie.



*Fig. 4.3.*

Des bobines sans cadre ont été créées dans lesquelles les spires sont fixées par un composé de colle spéciale. Il convient de noter que dans l'ancien système, le prototype de cette méthode existait déjà – les spires de la bobine étaient recouvertes d'une laque pour obtenir une grande résistance et une protection de la surface contre les dommages mécaniques. Mais sa force était insuffisante pour fixer les spires de la bobine dans les conditions définies et sans cadre de bobine. De plus, le problème des effets positifs et négatifs d'un cadre de bobine n'avait pas fait l'objet de discussion et, par conséquent, n'ont été réglés que récemment.

## Exemple

La dynamo est généralement installée sur une bicyclette comme un dispositif séparé. L'énergie mécanique de la rotation de la roue est transférée à une dynamo par le contact d'un galet de la



dynamo sur la surface de la roue de la bicyclette. Pour obtenir des paramètres plus élevés dans un système l'éclairage de bicyclette (luminosité de l'éclairage et donc de l'ampoule, capacité électrique), une dynamo plus puissante est nécessaire. Le contact mécanique de la surface de la roue et du galet de la dynamo est basé sur la friction, et il transfert sa force, dans un grand effort, vers une dynamo plus puissante. Le développement du système d'éclairage et de la lumière arrière de la bicyclette est limité par la fabrication d'une dynamo basée sur le transfert d'énergie mécanique par friction pendant le contact direct de la dynamo avec la surface d'une roue.

Sur les derniers modèles de bicyclette, les dynamos sont installées dans l'essieu de la roue arrière. L'essieu de la roue, avec les aimants qui sont localisés à l'intérieur, sert également de rotor de dynamo. La méthode de Transmission – le galet d'une dynamo et la surface de la roue d'une bicyclette – a disparu car elle était superflue. Les pertes de friction par le transfert d'énergie mécanique ont disparu. Dans un tel cas, nous pouvons dire que le système est devenu plus idéal.

#### 2.4.6. Auto-évaluation (Questions, tâches)

##### Résumé.

Les particularités de l'existence de systèmes techniques à une étape de leur développement (à la deuxième et à la troisième phase de la courbe en S) sont décrites par la loi suivante :



Le développement de tout système s'effectue dans la direction de l'augmentation du degré d'Idéalité. Cela inclut de nombreux mécanismes différents et comprend plusieurs étapes. Au début, il s'agit d'augmenter les paramètres-clés, puis de réduire le coût de la performance d'une fonction et de faire apparaître de nouvelles fonctions. Et l'étape finale est la connexion avec un autre système et le transfert de la fonction à ce système ou la réalisation des fonctions d'un autre système.

##### Les définitions de base

Idéalité ; Système Idéal ; Solution Idéale ; Résultat le Plus Désirable (RPD) ; Résultat Final Idéal (RFI).

##### Questions

*(Les réponses à toutes ces questions peuvent être trouvées dans le texte de ce chapitre. Veuillez relire les paragraphes correspondants de ce chapitre).*

1. Comment se définit le concept de l'Idéalité ?
2. Comment se définit le concept de Système Idéal ?
3. Quelle solution est une solution Idéale ?
4. Quelle est la différence entre le Résultat le Plus Désirable et la solution du Résultat Final Idéal ?

Comment se définit le concept de Résultat Final Idéal ?



## 2.4.7. Références

- Altshuller, G. S.**, *Creativity as an Exact Science. Theory of Inventive Problem Solving* (en russe) (Sovetskoye Radio, Moscou, 1979), p. 126.
- Altshuller, G. S.**, *Creativity as an Exact Science: The Theory of the Solution of Inventive Problems* (traduction anglaise A. Williams. Gordon and Breach Science Publishers, New York, 1984), pp. 227-228.
- Salamatov, J.**, “System of development of creativity laws”. // *Chance to Adventure*, Petrozavodsk, “Karelia”, 1991. pp. 138-168. (en russe)
- Khomenko, N., Ashtiani M.**, “Classical TRIZ and OTSM as a scientific theoretical background for non-typical problem solving instruments”, 7<sup>ème</sup> Conférence ETRIA TRIZ, Kassel University Press GmbH, Kassel, Francfort, Allemagne, 2007.
- Khomenko, N.**, “The law of the completeness of the parts of the system with OTCM-TRIZ interpretation”. (en russe) (Karlsruhe, manuscrit, 9 juillet 2008).
- Khomenko, N.**, “The law of increasing of degree of Ideality of the system with OTCM-TRIZ interpretation”. (en russe) (Karlsruhe, manuscrit, 18 juillet 2008).



2.7 La loi de la transition du macro-niveau au micro-niveau

## 2.5 La loi du développement inégal des parties d'un système

J'écris ces lignes alors que je me trouve dans un nouveau train à grande vitesse, le TGV, en train de traverser l'Europe à une vitesse de 350 km/h. La vitesse est incroyable, mais il est difficile de dire, avec un degré élevé de probabilité, qu'elle est proche de la limite d'un mode de transport sur rails.

Quelle était la plus grande difficulté rencontrée lors de la construction d'un tel train ? Des moteurs plus puissants, la construction d'une nouvelle voie ferrée, un système de freinage plus avancé ? Oui, en partie, il s'agissait de ces défis. Sur le TGV, le pantographe actuel ressemble largement à ceux trouvés sur la plupart des trains modernes.

Ici, nous ne discuterons pas des solutions technologiques appliquées à un TGV. Au lieu de cela, nous soulignerons les problèmes les plus importants rencontrés dans cet exemple. Pendant la vie de tout système technique (ST), ses parties connaissent un développement inégal. Tout d'abord, les parties du système technique ont un niveau de développement différent quel que soit le moment de l'analyse. Deuxièmement, les changements dans les parties d'un système surviennent de manière inégale, et sous la forme d'une avalanche. Il y a toujours une partie qui empêche le développement plus poussé du système technique et l'augmentation de ses paramètres principaux. C'est cette partie (le « goulot ») qui soulève d'importantes contradictions. Il est donc très important d'identifier cette partie.



Fig. 5.1 Nouveau TGV



Fig. 5.2. Le pantographe d'un TGV actuel

Dans l'histoire du développement du train, divers facteurs freinaient l'obtention des paramètres nécessaires (la vitesse, la longueur et le poids du train, la distance de freinage, etc.). La puissance de la locomotive à vapeur augmentait progressivement jusqu'à entrer en conflit avec la qualité de la voie ferrée. Quelques années plus tard, les performances techniques dans le domaine de la métallurgie permirent la construction de masses de rails plus durables, plus longs et relativement peu chers. La technologie utilisée pour la construction de rails était donc responsable de la qualité du rail et du réseau multi-branches. Les trains devenaient plus rapides, transportaient davantage de cargaison et reliaient les villes éloignées. Mais le moteur n'était pas suffisamment puissant pour fournir la puissance nécessaire pour atteindre la vitesse autorisée par une nouvelle voie ferrée. La dernière « percée » du moteur à vapeur était la transition vers un carburant générant davantage de puissance : les produits pétroliers remplaçaient le charbon. Le moteur a également été changé – une pression de vapeur plus importante était nécessaire pour produire davantage de puissance. C'est pour cela qu'un moteur plus durable (et plus lourd !)

était nécessaire. La transition vers un nouveau type de moteur – le moteur électrique – rendit l'augmentation supplémentaire des principaux paramètres du train possible.



Lorsque l'on résout des problèmes pratiques et que l'on prévoit le développement technologique, il est crucial de bien définir tous les goulots présents dans un système technique. En outre, il est nécessaire d'identifier les contradictions existantes et de diriger les efforts vers l'amélioration continue de cette partie précisément.



## 2.5.1. Définition

Le développement des parties d'un système s'effectue de manière inégale ; plus le système est compliqué, plus le développement de ses parties est inégal.

G. S. Altshuller, *Creativity as an Exact Science: The Theory of the Solution of Inventive Problems* (traduction anglaise A. Williams. Gordon and Breach Science Publishers, New York, 1984), p. 229.

## 2.5.2. Théorie (Détails)

Cette loi appartient à la catégorie des « Cinématiques », c'est-à-dire aux lois pour les systèmes techniques avancés se trouvant à la deuxième ou à la troisième phase de leur développement (voir courbe en S).

Nous savons que dans la phase de naissance d'un nouveau système technique, un système technique doit disposer de parties principales avec un fonctionnement minimal pour une capacité de travail minimale. De plus, la continuité électrique doit être présente entre les parties du système technique et entre l'organe de contrôle et les parties du système technique. Le rythme des parties du système technique doit être coordonné afin de développer davantage le système technique et d'améliorer ses paramètres. Cela concerne avant tout les systèmes techniques recréés qui se situent dans la première phase de développement (voir courbe en S).

Au cours du développement, les parties du système technique subissent des modifications en fonction des exigences changeantes des gens et de l'environnement. Aux différentes étapes de leur vie, les systèmes techniques comprennent des parties qui se situent à différents niveaux de développement. Ces incohérences peuvent être décrites à l'aide des contradictions. En particulier, d'importantes contradictions apparaissent dans la partie « la plus faible » d'un système, dans un « goulot ».

Une des raisons expliquant l'inégalité du développement des parties d'un système technique est la restriction des ressources. Au début, il s'agit de la ressource matérielle et du temps pour le développement, la mise en œuvre et l'entrée sur le marché. De plus, à ce stade, d'importantes restrictions sont généralement introduites par les ressources disponibles en matière de méthode de résolution de problèmes.

### Erreur typique :

Très souvent, l'amélioration d'un système technique commence par une partie du système qu'il est facile de changer. Cela est particulièrement typique pour les tâches compliquées concernant la résolution des problèmes liées à la partie la plus faible. Une des raisons de ce phénomène est la restriction des possibilités des méthodes traditionnelles de résolution de problème.

L'erreur de cette approche est très clairement soulignée dans la blague ci-dessous :

Un monsieur cherche quelque chose sur le trottoir sous un lampadaire. La conversation suivante s'engage alors entre le monsieur et un policier :

- « - Puis-je vous aider Monsieur ? »
- Oui, j'ai perdu les clés de mon appartement.
- Vous souvenez-vous de l'endroit où vous les avez perdues ?
- Bien sûr, là-bas, près de ma voiture (montre du doigt la voiture garée un peu plus loin)
- Et pourquoi les cherchez-vous ici, sous un lampadaire ?
- Parce que c'est plus clair ici ! »

Vous vous moquez de ce monsieur, mais nous agissons souvent de la même manière lorsque nous cherchons à améliorer des systèmes techniques ... Ce n'est qu'après avoir entièrement épuisé toutes les ressources de développement des autres parties du système, que nous revenons à notre « goulot ».

Si nous poursuivons l'illustration de l'exemple avec le développement du système technique « train », nous observons la chose suivante : pour développer un système technique, il est important de formuler correctement sa fonction. Cela implique également de définir les limites de variation du système technique. Dans le cas d'un TGV, les limites ont été établies de manière que ces variations ne concernaient pas le principe « roue-rail ». Mais c'est exactement la partie « roue-rail » du système « train » qui était un « goulot » !

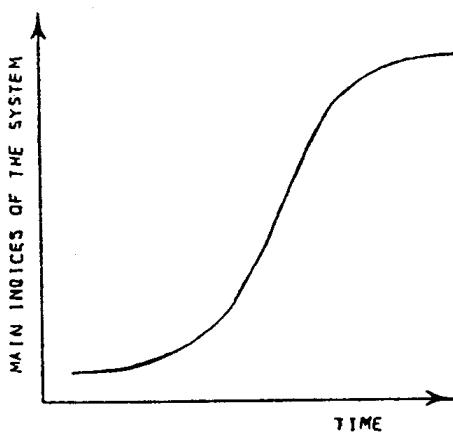
#### **Remarque :**

Le stade suivant de développement du train est un train sur un plateau électromagnétique. Dans la construction d'un tel train, on effectue la transition de la paire « roue-rail » (niveau macro) à l'interaction électromagnétique (niveau micro). Le pantographe actuel a également fait l'objet de quelques modifications – il n'y a plus de contact glissant « conducteur de pantographe courant ». La fonction de la transmission de l'énergie est réalisée par un champ électromagnétique. (Vous pouvez trouver davantage d'informations sur le stade suivant du développement du train et sur le développement de systèmes techniques qui forment la base de ce stade dans le Chapitre 7, Exemple 7.5.5).

#### **2.5.3. Modèle -Courbe en S**

La vie du système technique (ainsi que celle d'autres systèmes comme les systèmes biologiques) peut être illustrée par l'image de la dépendance des paramètres principaux du système au cours du temps. Un tel modèle du système technique défini par une courbe en S (Fig. 5.3) est largement utilisé dans TRIZ OTSM. La courbe en S montre comment les paramètres principaux (vitesse, capacité, productivité, etc.) évoluent au cours de la vie du système technique. Chaque système a ses particularités, sont propre « portrait » de la courbe en S, mais il y a quelque chose de commun à tous les portraits, quelque chose qui caractérise tous les systèmes. Ces segments sont : 1 – Enfance; 2 – Maturité; 3 – Vieillesse.

Il convient de souligner que le développement de l'ensemble du système technique s'effectue de manière inégal en raison du développement inégal de ses parties.



Pendant l'« Enfance » (segment 1), un système technique se développe lentement. Généralement, ce stade de développement coïncide avec le stade de la « Maturité » ou de la « Vieillesse » du système précédent (Fig. 5.4). Un nouveau système est encore faible ; ses paramètres peuvent être moins bons que ceux de l'ancien système. Il y a un manque de ressources pour le développement d'un jeune système, mais un nouveau principe opérateur dispose d'un potentiel certain.

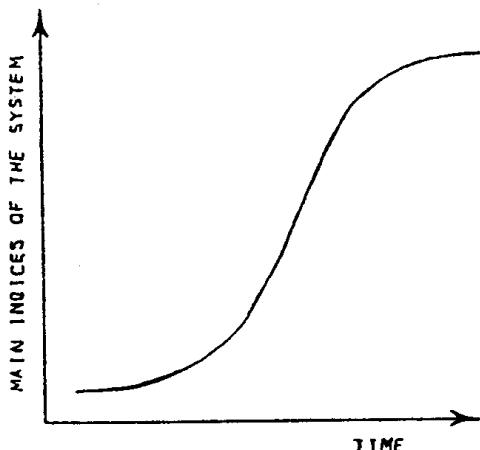
L'existence d'un vieux système freine l'apparition de nouveaux concurrents. Et ce n'est qu'une fois le vieux système parti, que le développement rapide d'un nouveau système peut commencer

(le point de flexion **a**). Le stade « Maturité » apparaît alors (segment 2).

À partir d'un certain moment (le point de flexion **b**), le taux de développement décline et le stade « Vieillesse » commence (segment 3). Un nouveau système technique est prêt à apparaître. Après le point **g**, un système technique est soit remplacé par un nouveau système techni-

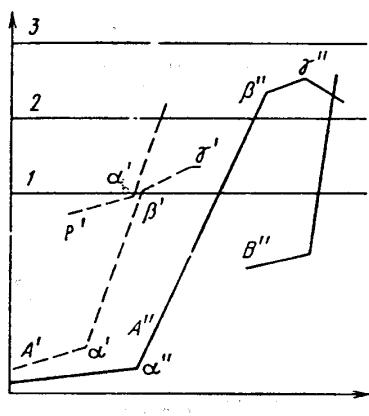
# tETRIS

que, soit il conserve les indicateurs atteints pendant une longue période (par ex. une bicyclette).



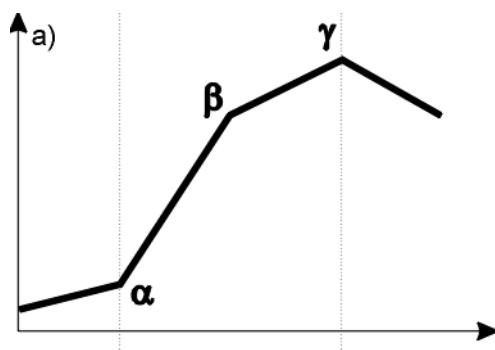
Lignes de l'évolution du système

*Fig. 5.3. Courbe en S (Voir : G. S. Altshuller, Creativity as an Exact Science: The Theory of the Solution of Inventive Problems (traduction anglaise A. Williams. Gordon and Breach Science Publishers, New York, 1984), p. 205-216).*



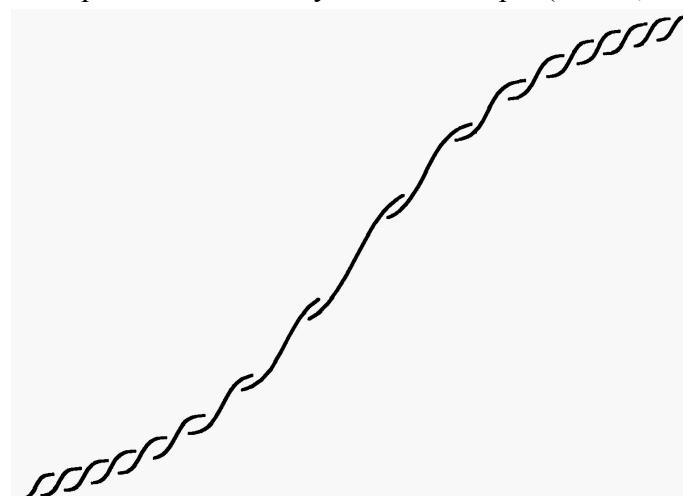
*Fig. 5.4.*

*(Voir : Altshuller, G. S., Creativity as an Exact Science. Theory of Inventive Problem Solving (en russe) (Moscou, Sovetskoye Radio, 1979), p. 113-119).*



*Fig. 5.5. Performance – Utilisation*

Au cours de son développement, un système technique fait l'objet de changements constants : les matériaux sont modifiés, certaines pièces sont remplacées par d'autres pièces plus avancées, etc. La ligne de vie d'un système technique spécifique peut être présentée sous la forme de plusieurs courbes en S qui constituent le système technique (Modis, 1994).



*Fig. 5.6. Courbe en S faite d'autres courbes en S qui représentent des sous-systèmes. L'axe horizontal représente le temps.*

Le développement inégal d'un système technique touche de nombreux aspects :

- le système technique présente différents taux de développement en fonction des stades de sa vie
- les sous-systèmes qui font partie d'un système technique présentent un niveau de développement différent à tout moment de leur vie choisi au hasard.
- les sous-systèmes ont une durée de vie différente ;
- les taux de développement des systèmes techniques ne sont pas même égaux pendant une phase de leur vie ;
- une réapparition temporaire d'anciens sous-systèmes, qui avaient été **précédemment** exclus, est possible avec de nouvelles Conditions.

#### **2.5.4. Instruments - Outils (comment utiliser)**

##### **2.5.4.1. Les lois de développement et leurs outils**

Il est nécessaire

- de créer un modèle d'un système technique comprenant quatre éléments (voir Chapitre 1).
- de rechercher la continuité électrique dans le système technique (voir Chapitre 2), ainsi que l'accord (ou le désaccord – selon la fonction dont nous avons besoin) du rythme du système (voir Chapitre 3).
- de comparer l'ensemble du système et chacune de ses parties au système idéal (voir Chapitre 4).



Pendant l'analyse préliminaire, les contradictions caractérisant les diverses parties du système technique sont identifiées. Il est nécessaire d'évaluer quelle contradiction est la plus contraintante, par exemple en ce qui concerne le nombre d'effets indésirables et contradictions (dans le contexte de la réalisation de la fonction que nous avons sélectionnée).

##### **2.5.4.2. Courbe en S**

Lorsque l'on résout des problèmes pratiques et que l'on prévoit le développement de systèmes techniques, il est crucial de brosser correctement le « portrait » du système technique analysé. Il est important de connaître les réserves de développement du système technique donné. Il est également nécessaire de dessiner un graphique des changements dans le temps des indicateurs principaux du système en utilisant un brevet ou toute autre source indiquant les développements précédents du système analysé. De plus, les conclusions portant sur le stade de développement dans lequel le système technique se trouve doivent être représentées sur une courbe en S.

##### **2.5.4.3. Construction d'un réseau de problèmes et analyse de sa structure**

Pendant la description de l'état courant des choses formant le système technique à analyser, un réseau de problèmes doit être créé (voir « [Principaux Modèles de TRIZ Classique et de TRIZ OTSM](#) »). Le réseau de problèmes comprend les problèmes et leur solution partielle, ainsi que leurs interconnexions. La structure d'un réseau de problèmes donne des informations sur le développement inégal à la fois du système dans son ensemble et des « goulots ».

#### **2.5.5. Exemple**

##### **Exemple**

Écouter de la musique a toujours été une activité populaire. Vers la moitié du siècle dernier, l'équipement de reproduction du son a connu un important développement. En particulier, les amplificateurs électroniques ont été activement développés. Nous pensons que la raison de ce phénomène trouve ses racines dans les vastes possibilités de ressources, c'est-à-dire la base



électronique. Au siècle dernier, en l'espace de plusieurs dizaines d'années, le monde fut le témoin de deux générations de composants électroniques fondamentaux : les tubes électroniques ont été remplacés par les transistors, puis les transistors par les microcircuits. Ces techniques modernes – et bien d'autres – ont permis l'amélioration de la qualité du son, la production de masse et la pratique de prix modérés.

Les haut-parleurs n'évoluaient cependant pas si rapidement. Leurs paramètres principaux étaient entrés en conflit avec d'une part, le souhait des gens d'avoir une reproduction du son de meilleure qualité et d'autre part, les possibilités de la base électronique. Les porteurs de son (cassettes, signal radio, disques vinyles, etc.) et les amplificateurs électroniques permettaient d'améliorer la qualité du son, mais les haut-parleurs étaient les « goulots » freinant le développement global de l'équipement de reproduction du son.

Vers la moitié du siècle dernier, on produisait des amplificateurs pour la reproduction du son caractérisés par des distorsions non-linéaires de moins de 0,5% et une puissance de 50 W. Ce sont de très bons paramètres. Mais un haut-parleur branché sur un tel amplificateur multipliait la distorsion par 10 ou par 20 ! Les amplificateurs ont néanmoins continué à progresser grâce au développement de l'électronique. Les journaux scientifiques, les revues d'ingénieurs, les stands d'exposition et les magasins recevaient de nouveaux modèles d'équipement électronique dont les vastes possibilités restaient quasiment inutiles sans l'amélioration des haut-parleurs.

Le « goulot » du haut-parleur est la suspension flexible responsable de la reproduction de la multifréquence. À cette époque, presque tout ce qu'il était possible d'utiliser avait été « extrait » des matériaux disponibles. De plus, une augmentation de la flexibilité et de la souplesse entraîne une contradiction ... Pour résoudre ce problème, une transition vers un nouveau système était nécessaire.

(Pour la solution, voir Chapitre 6 : la loi de la transition vers un super-système (Exemple 6.13))

### Exemple

Observez précisément n'importe quelle plante qui sort de terre. Généralement, elle présente deux larges feuilles. La taille des feuilles n'est pas proportionnelle à la graine et à la tige de la plante. Sous la terre, la situation du système de racines est similaire. La raison est que, pour vivre, la plante a besoin d'énergie solaire et de substances nutritives. Au cours du développement de la plante, ses autres parties augmentent leur taux de croissance et leur taille par rapport aux parties initiales.



### Exemple

La forme d'un enfant est facile à reconnaître même sur un dessin d'enfant : un corps humain avec une tête disproportionnellement grande, et des membres raccourcis. En fait, le corps humain se développe de manière inégale. Pendant les 10 premières années de sa vie, le corps humain enregistre une croissance de 70% ; et au cours des 3 premières années de sa vie, un humain reçoit 70% de l'information absorbée.



### 2.5.6. Auto-évaluation (Questions, tâches)

#### Résumé

Avec le développement au fil du temps, le système technique subit des changements. Certains sous-systèmes sont remplacés par d'autres, qui sont plus efficaces dans certaines conditions. Les conditions externes et les exigences des Hommes changent également. Ces changements s'accumulent, génèrent de nouveaux conflits entre les parties d'un système, d'autres systèmes en cours d'utilisation pratique et l'amélioration par l'Homme, et apportent de nouvelles possibilités de développement.

Ce développement ne s'effectue pas de manière égale dans le temps. Certaines parties du système disposent des meilleurs paramètres tandis que d'autres agissent comme un frein au déve-



loppelement général du système. Les significations des paramètres principaux (qui permettent la réalisation de la fonction du système technique) font par ailleurs également l'objet de changements **inégaux** au cours du temps.

### Les définitions de base

Système Technique (ST) ; Modèle ENV (Cela ne fait pas l'objet d'une discussion dans ce chapitre ; veuillez voir [Modèles Principaux de TRIZ Classique et de TRIS OTSM](#)) ; élément ; nom d'un paramètre ; signification d'un paramètre.

### Questions

(*Les réponses à toutes ces questions peuvent être trouvées dans le texte de ce chapitre. Veuillez relire les paragraphes correspondants de ce chapitre.*)

1. Comment s'exprime l'inégalité de développement d'un système technique ?
2. Pour quel stade de développement de systèmes techniques cette loi est-elle plus caractéristique ?
3. Est-il possible de prévoir la position du point **a** sur la courbe du système technique donné uniquement sur la base des possibilités potentielles du système technique lui-même et sans prendre en compte l'état du système technique précédent ?
4. Comment la complexité du système technique affecte-t-elle l'inégalité de son développement ?
  
1. Au cours du développement, les parties d'un système technique subissent des changements en fonction des exigences changeantes des utilisateurs et de l'environnement. Aux différentes étapes de sa vie, le système technique comprend des parties situées à un niveau de développement différent. Ces incohérences peuvent être décrites à l'aide des contradictions. En particulier, d'importantes contradictions apparaissent dans la partie « la plus faible » d'un système, dans un « goulot ».
2. Cette loi appartient à la catégorie « Cinématiques », c'est-à-dire aux lois pour les systèmes techniques se trouvant à la deuxième ou la troisième phase de développement (voir courbe en S). (Voir Section 5.2., Théorie (Détails)).
3. L'existence d'un ancien système freine l'apparition de jeunes concurrents. Et ce n'est qu'une fois le vieux système parti, que le développement rapide d'un nouveau système peut commencer (le point de flexion **a**). Le stade « Maturité » apparaît alors (Segment 2). (courbe en S).
4. Le développement des parties d'un système technique s'effectue de manière inégale : plus le système est compliqué, plus le développement de ses parties est inégal (Section 5.1., Définition).



### 2.5.7. Références

- Altshuller, G. S.**, *Creativity as an Exact Science. Theory of Inventive Problem Solving* (en russe) (Sovetskoye Radio, Moscou, 1979), p. 126.
- Altshuller, G. S.**, *Creativity as an Exact Science: The Theory of the Solution of Inventive Problems* (traduction anglaise A. Williams. Gordon and Breach Science Publishers, New York, 1984), p. 229.
- Salamatov, J.**, “System of development of creativity laws”. // *Chance to Adventure*, Petrozavodsk, “Karelia”, 1991. pp. 110-112. (en russe)
- Modis, T.**, “Fractal aspects of natural growth”, *Technological Forecasting and Social Change* (1994) 47(1), pp. 63-73.



2.5 La loi du développement inégal des parties d'un système

## 2.6 La loi de la transition vers un super-système

S'il vous est déjà arrivé de boire du café ou du thé brûlant affichant une température de 65°C, il vous sera difficile de croire le fait suivant.

Un article dans la revue *Science* en 2007 traite d'une herbe résistante à la chaleur qui pousse près des sources géothermiques du Parc National de Yellowstone (USA). Cette herbe pousse sur une terre à 65°C. Les recherches des biologistes ont mené à la découverte d'un exemple rare de triple symbiose dans la nature : une plante, un champignon et un virus s'unissent pour résister aux températures élevées. Dans la nature, de tels cas de symbiose existent lorsque des plantes ou des organismes se regroupent, s'adaptent et se soutiennent pour survivre.

Le phénomène de symbiose, la combinaison de divers systèmes, est également connu dans le domaine de la technologie. Un transfert direct des phénomènes donnés des systèmes biologiques aux systèmes technique ne serait évidemment pas correct. Mais il est intéressant d'analyser quelques régularités générales.

### 2.6.1. Définition



Une fois toutes les possibilités de développement épuisées, un système est inclus dans un super-système comme une partie de ce dernier ; un nouveau développement peut alors apparaître au niveau du super-système.

G. S. Altshuller, *Creativity as an Exact Science: The Theory of the Solution of Inventive Problems* (traduction anglaise A. Williams. Gordon and Breach Science Publishers, New York, 1984), p. 229.

### 2.6.2. Théorie (Détails)

Cette loi appartient à la catégorie « Cinématiques », c'est-à-dire aux lois pour les systèmes techniques se trouvant à la deuxième ou la troisième phase de leur développement (voir courbe en S).

Une possibilité, dont dispose le système, de développement plus poussé se situant au point **b** ou **g** d'une courbe en S (voir Fig. 6.2.) est l'unification de systèmes. L'unification de systèmes peut se produire plus tôt, dans le segment 2, avant que le point **b** ne soit atteint. Une telle unification est possible si au moins un paramètre ne satisfait pas l'utilisateur. De plus, il est nécessaire de réaliser une fonction afin de changer ce paramètre ; les parties d'un autre système peuvent servir de ressources de développement.

Une chaîne de développement typique de la ligne « mono-bi-poly » est décrite dans la littérature TRIZ. Les groupes de systèmes initiaux s'allient avec un système du même type, de style similaire, de type différent ou de type inverse (avec une signification opposée de la fonction). Le caractère d'unification dépend du type de la fonction requise. Une des conditions principales à l'unification, du point de vue de TRIZ, est l'émergence d'une nouvelle qualité.

### 2.6.3. Modèle

*Courbe en S* (voir Chapitre 5).

Il est nécessaire de créer un graphique qui représente un changement, survenu à un moment donné, d'un des principaux indicateurs du système. Nous pouvons utiliser pour cela des brevets

ou d'autres sources qui révèlent le développement précédent d'un système à analyser. En outre, à l'aide d'une courbe S reçue, il est possible de tirer des conclusions sur le stade de développement auquel se situe le système technique au moment donné.

Si les résultats de l'analyse montrent que le système technique est proche du point **b** ou du point **g** et qu'il est nécessaire d'augmenter davantage les paramètres principaux, il est nécessaire de définir un nouveau système technique qui doit changer le système existant. Un de ces changements est le passage d'un système technique existant à la composition d'un nouveau système plus avancé.

Une combinaison de systèmes peut être effectuée indépendamment du stade de développement. Il est nécessaire de définir la fonction requise d'un système.

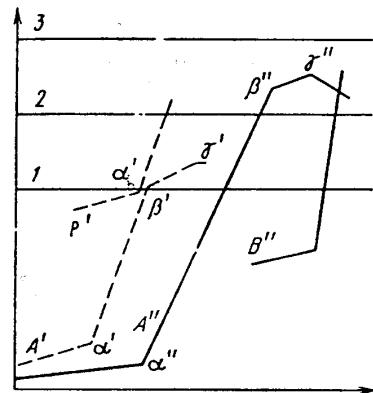


Fig. 6.2

#### 2.6.4. Instruments - Outils (comment utiliser)

##### Exemple

En combinant deux couteaux, l'Homme a inventé un nouvel outil : le ciseau.

*Instruments de la solution* : Outil des lois – la loi de l'intégralité des parties d'un système ; la loi de la continuité électrique ; la loi de l'harmonisation du rythme.



##### Exemple

Il ne suffit pas de poser quelques crayons sur la table pour obtenir un nouveau système ou une nouvelle qualité. Mais nous pouvons changer un des paramètres : la durée de l'écriture sans avoir à tailler le crayon, ou sans avoir à remplacer un crayon mal taillé par un nouveau crayon pendant l'écriture. Nous remplissons donc une nouvelle fonction. D'ordinaire, lorsque nous déposons plusieurs crayons avec différentes longueurs de mine sur la table, nous pouvons changer l'un de ces paramètres – la durée de l'écriture sans temps additionnel nécessaire à la taille d'un crayon (passage d'un crayon à un autre, d'un crayon non taillé à un crayon taillé pendant l'écriture). Et cela signifie que nous pouvons réaliser une nouvelle fonction – écrire des lettres sur une feuille sans pause pour la taille du crayon.

*Instruments de la solution* : transition mono-système–poly-système avec caractéristiques du même type.



##### Exemple

Une autre façon de combiner des instruments d'écriture a été utilisée par Léonard de Vinci, qui a créé un outil qui fait des copies. Deux mines de crayon étaient fixés sur les extrémités d'un dispositif en forme d'« Y » avec un stylo normal. Lorsqu'il écrivait avec un tel crayon double, l'auteur faisait deux copies du document en même temps que le manuscrit original. (Mais l'auteur devait écrire sur des bandes de papier étroites, dont la largeur était limitée par l'espace entre les branches de l'« Y ».)

*Instruments de la solution* : transition mono-système–bi-système avec caractéristiques du même type.



##### Exemple

Comme nous l'avons déjà souligné, des systèmes avec des caractéristiques légèrement différentes peuvent être combinés. Dans TRIZ, ces systèmes sont appelés « systèmes avec caractéristiques adaptées ». Pour écrire des remarques avec des crayons de deux couleurs différentes,

# tETRIS

deux crayons – un rouge et un bleu – ont été combinés en un seul système.

*Instruments de la solution: transition mono-système–bi-système avec caractéristiques séparées.*



Fig. 6.3.

## Exemple



Des systèmes présentant des caractéristiques inverses peuvent également être regroupés. Une fonction « laisser une marque sur une surface » peut être combinée avec une autre fonction « enlever une marque sur une surface ». Cela peut être la combinaison d'un crayon avec une gomme, d'un stylo avec un effaceur.

*Instruments de la solution : transition mono-système – bi-système avec caractéristiques inverses.*

## Exemple



Le développement plus avancé d'un système qui est entré dans un autre système s'effectue au niveau de l'ensemble du système. Lorsqu'un système se développe, le degré d'idéalité augmente. Une des méthodes d'un tel progrès est l'exclusion du système de parties redondantes. Ainsi, il ne reste qu'une seule boîte de crayons lorsque l'on regroupe plusieurs crayons de couleur en un seul outil d'écriture, étant donné qu'une boîte individuelle pour chaque crayon est redondante. Dans TRIZ OTSM, une telle opération s'appelle « convolution ».

*Instruments de la solution : convolution.*

## Exemple



Le développement plus avancé d'un système peut prendre la forme d'une avancée géométrique. Pour dessiner des lignes d'épaisseurs différentes, il est nécessaire d'avoir plusieurs mines ou pointes de stylos dans un cadre. Un crayon de charpentier a une mine présentant une section rectangulaire. Un tel crayon peut produire des traits fins lorsque l'on utilise le côté étroit de la mine (un coin) ou des traits épais lorsque l'on utilise un autre côté de la mine.

*Instruments de la solution : convolution ; effet géométrique.*

## Exemple



Un marqueur avec une section de mine ou pointe en forme d'ellipse a été suggéré. Un tel marqueur peut être utilisé pour tracer des traits d'épaisseur variable – d'un petit diamètre à un grand diamètre d'ellipse. L'épaisseur du trait peut donc être changée sans lever le marqueur du papier. Il suffit de tourner le marqueur autour de son axe.

*Instruments de la solution : convolution ; effet géométrique.*

## 2.6.5. Exemples

### Exemple



Deux ou trois haut-parleurs sont placés dans le boîtier d'un dispositif de reproduction du son ou dans une colonne de son pour augmenter la gamme de fréquences reproductibles. Un des haut-parleurs reproduit bien les fréquences basses, mais mal les fréquences hautes. À l'inverse, un autre haut-parleur reproduit mal les fréquences basses, et bien les fréquences hautes. Mais la solution consistant à placer plusieurs haut-parleurs dans le boîtier d'un dispositif de reproduction du son présente un important inconvénient : il faut beaucoup d'espace et de volume additionnel. Les dispositifs équipés de deux ou trois haut-parleurs sont lourds.

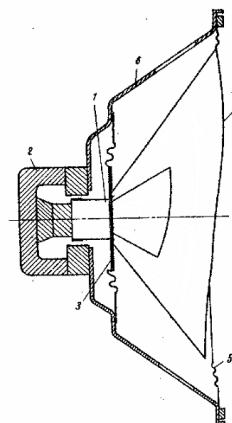


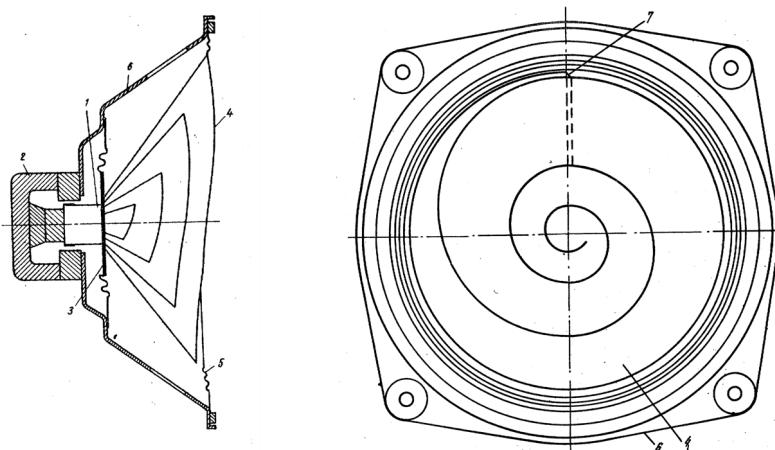
Fig. 6.3



L'inventeur Shifman suggéra un haut-parleur qui combine les deux dispositifs en un : des haut-parleurs de haute et de basse fréquence. Ce dispositif possède un système magnétique, un cadre, mais deux bobines et deux diffuseurs. Les diffuseurs sont placés de manière concentrique, c'est-à-dire un diffuseur à l'intérieur d'un autre diffuseur. Dans TRIZ, une telle solution s'appelle un bi-système.

### Exemple

Chaque haut-parleur constituant un bi-système dans l'Exemple précédent a sa propre gamme de fréquence de reproduction. Nous pouvons aller plus loin en suivant le schéma « mono-bi-poly » et en plaçant non pas deux, mais trois diffuseurs de manière coaxiale dans le cadre. Mais dans ce cas, la construction de l'ensemble du dispositif, ainsi que la technique de production seraient nettement plus compliquées. C'est une tâche plutôt difficile que de fabriquer séparément et de placer plusieurs diffuseurs à cône de manière coaxiale et plusieurs bobines.



*Fig. 6.4.*

L'inventeur G. I. Gelfenstein élabora un haut-parleur avec trois ou quatre diffuseurs et une bobine. Le nombre de diffuseurs peut être augmenté. Un diffuseur présente la forme d'une spirale d'Archimète avec le nombre requis de spires et une bobine. Chaque spire sert de transmetteur-diffuseur séparé de son. Chaque spire existe en tant que partie individuelle et constitue un système individuel. Un diffuseur-spirale a sa propre masse et sa propre élasticité, et cela signifie qu'il a ses propres caractéristiques de fréquence.

Lorsqu'un signal électrique d'une certaine fréquence est transmis à la bobine, les diffuseurs-spires correspondant à cette fréquence commencent à vibrer en fonction de leurs caractéristiques. En d'autres termes, les diffuseurs s'allument EUX-MÊMES à la fréquence transmise à la bobine. Ainsi, lorsque des fréquences basses sont transmises, tout le diffuseur – qui comprend plusieurs spires – se met à vibrer comme un seul système. Plus la fréquence du signal est haute, plus le nombre de spires qui vibrent est réduit. En cas de fréquences hautes, seule la partie centrale des spires émet un son, le reste du diffuseur ne répond pas à ces fréquences « non familières » et ne bouge pas.

Dans TRIZ, une telle solution consistant à combiner plusieurs systèmes du même type s'appelle un poly-système convoluté.



### Exemple

Non seulement est-il possible de combiner un haut-parleur avec un autre, comme décrit dans les exemples précédents, mais il est également possible de combiner un haut-parleur avec le « vide ». Cependant, ce vide est trompeur car l'air a une masse, ce qui signifie qu'il a donc également sa propre élasticité.

Un haut-parleur est un sous-système de nombreux appareils de reproduction du son. Il est présent dans les postes de radio, le magnétophone, les téléviseurs, etc. Le cadre de chacun de chacun de ces appareils a son propre volume.

La première étape d'une combinaison avec un super-système, c'est-à-dire avec le cadre d'un appareil (poste de radio, téléviseur) est une simple combinaison mécanique. Le cadre combine et comprend tous les sous-systèmes : une partie mécanique, un dispositif électrique et un système acoustique.

La seconde étape est lorsque l'air « travaille » pour un haut-parleur mais n'est pas ajusté à ce dernier. La troisième étape consiste à ajuster le volume d'air d'un système acoustique à un haut-parleur afin d'obtenir des valeurs plus élevées pour les paramètres principaux. (Voir l'exemple suivant pour plus de détails)

## Exemple



Pour étendre la gamme des fréquences reproductibles, les haut-parleurs ont été placés dans des boîtiers fermés de grand volume, dans des colonnes de haut-parleurs. Une telle solution technique permet de réduire considérablement la limite basse d'une gamme reproductible et d'améliorer la reproduction des basses. Cependant, cela soulève une autre contradiction : le volume de la colonne de haut-parleurs doit être suffisamment grand pour réduire la fréquence résonante d'un système acoustique, et suffisamment petit pour que cette colonne puisse être installée dans une pièce. Ce problème est évident. Cependant, comme nous l'avons déjà dit, le problème principal est la distorsion non-linéaire induite par le système de vibration d'un haut-parleur. Considérons la situation décrite d'une manière simplifiée. Pour comprendre la nature dramatique de la situation dans laquelle se trouvaient les ingénieurs en acoustique, nous devons la décrire sous la forme d'un réseau de problème.

Mais l'inventeur Vilchur choisit intuitivement la contradiction principale. Le système vibrant d'une colonne de haut-parleurs, c'est-à-dire une plaque et une cannelure, n'est rien d'autre qu'un ressort.

Tout ressort, à l'amplitude suffisante de vibration, est un élément non-linéaire responsable de distorsion du son. Un ressort est donc nécessaire pour créer des vibrations ; et aucun ressort n'est nécessaire pour exclure les distorsions non-linéaires.

Remarque :

Cet exemple est intéressant car il illustre plusieurs lois :

La loi de la transition vers un micro-niveau : remplacement d'un ressort mécanique par un ressort fait d'air ;

La loi de l'augmentation de degré d'idéalité : un ressort fait d'air est plus idéal et présente une non-linéarité plus petite qu'un ressort ;

La loi de la transition vers un super-système : combinaison d'un haut-parleur avec le volume d'air interne d'une colonne de son ;

La loi de l'harmonisation du rythme : ajustement des fréquences résonantes d'un haut-parleur et du volume d'air d'un boîtier.

RFI (Résultat Final Idéal) : il n'y a pas de système à ressort vibrant, mais la fonction consistant à créer des vibrations est remplie.

Vilchur a remplacé la partie du système vibrant d'un haut-parleur, c'est-à-dire la suspension mécanique, par un ressort d'air. Un haut-parleur amélioré avait un système vibrant très souple avec une fréquence résonante maximale. Mais il ne fonctionnait pas correctement quand il fut séparé d'une colonne de son. Sa suspension (une plaque centrale et une cannelure) était souple et requérait un support additionnel pour conserver une position normale. Un tel support – le

ressort principal – était le volume interne d’air dans la colonne de son. Placé dans la colonne de son, un tel haut-parleur formait un nouveau système technique avec une colonne de son, c'est-à-dire un système vibrant qui présentait les caractéristiques désirées : une fréquence résonante basse et une grande amplitude de vibrations (et la pression acoustique).

## 2.6.6. Auto-évaluation (Questions, tâches)

### Résumé.

La loi de la transition vers un super-système concerne un système qui a épuisé toutes les possibilités de développement. Dans ces conditions, l'étape suivante du développement d'un système est sa transition vers un super-système, comme une de ses parties. L'existence et le développement ultérieurs du système se produisent donc au niveau du super-système.



### Les définitions de base

Système, super-système, sous-système, symbiose, regroupement, mono-système, bi-système, poly-système.

### Questions

(Les réponses à toutes ces questions peuvent être trouvées dans le texte de ce chapitre. Veuillez relire les paragraphes correspondants de ce chapitre).

Comment s’exprime la loi de la transition vers un super-système ?

Pour quel stade de développement du système technique, cette loi est-elle plus caractéristique ?

Donnez quelques exemples illustrant la loi de la transition.

## 2.6.7. Références

**Altshuller, G. S.,** *Creativity as an Exact Science. Theory of Inventive Problem Solving* (en russe) (Sovetskoye Radio, Moscow, 1979), p. 126.

**Altshuller, G. S.,** *Creativity as an Exact Science: The Theory of the Solution of Inventive Problems* (traduction anglaise A. Williams. Gordon and Breach Science Publishers, New York, 1984), p. 229.

**Salamatov, J.**, “System of development of creativity laws”. // *Chance to Adventure*, Petrozavodsk, “Karelia”, 1991. pp. 124-138. (en russe)

**Márquez, Luis M., Regina S. Redman, Russell J. Rodriguez, and Marilyn J. Roos-sinck**, “A virus in a fungus in a plant: Three-way symbiosis required for thermal tolerance”, *Science* (2007) 315: pp. 513–515.

**Chubinsky, G.**, *Net of Paladins* (en russe) (Veche, Moscow, 2008), p. 448.



## 2.7 La loi de la transition du macro-niveau au micro-niveau

Qu'est-ce qui explique la survenue des séismes sur la Terre ? Une théorie domine dans le monde scientifique qui considère l'origine des séismes comme le résultat de la collision des plaques tectoniques. D'après la théorie des plaques tectoniques, la surface de la Terre (la croûte terrestre) est divisée en approximativement 20 pièces séparées appelées « plaques ». Leur épaisseur est d'environ 70 kilomètres. Les plaques bougent sous l'influence des processus se produisant à l'intérieur de la Terre. Les mouvements sont insignifiants, mais ils exercent une très grande pression mécanique sur la croûte terrestre et, par conséquent, provoquent les tremblements de terre. Cependant, les observations sismiques ont permis d'observer les faits remarquables suivants :

Fait 1 : Lorsqu'un séisme se produit, les plaques tectoniques n'entrent pas en collision les unes avec les autres, mais elles déplacent dans différentes directions.

Fait 2 : D'après les résultats de l'analyse des ondes sismiques, la conclusion a pu être tirée qu'une plaque tectonique individuelle se déplace dans des directions opposées, alors que l'on sait, grâce à d'autres observations, qu'une plaque est un tout unifié qui ne comprend pas de plus petites parties.

Fait 3 : Les sources de certains tremblements de terre ne sont pas situées là où se produit la collision des plaques tectoniques – pas sur leur bord, mais dans la surface-même des plaques.

La façon la plus simple de résoudre le problème est de rejeter les faits contradictoires et de se dire qu'il s'agit de fausses observations et de faux calculs ... En fait, c'est le signal que la théorie s'est approchée de sa limite, limite au-delà de laquelle elle ne fonctionne plus. C'est le signal de la création d'une nouvelle théorie.

Dans l'ancienne théorie, les macro-objets (plaques tectoniques) étaient considérés comme l'« Outil » des séismes générés. Certains chercheurs ont suggéré l'hypothèse selon laquelle la génération des séismes est le résultat d'interactions complexes d'oscillations dans la structure de la Terre – des ondes mécaniques. D'après la nouvelle théorie, les micro-objets peuvent servir d'« Outil » provoquant les séismes. Ces micro-objets sont des oscillations de particules de la croûte terrestre qui sont décrites par divers types d'ondes. D'après les faits contradictoires observés et en tenant compte de l'hypothèse suggérée, une nouvelle théorie est créée – la théorie des ondes, qui explique l'apparition de tremblements de terre. Le type spécial d'oscillations mécaniques a déjà été déterminé : des ondes stationnaires responsables de l'apparition de séismes sans que la collision des plaques tectoniques ne soit nécessaire. Un modèle européen d'ondes, qui porte sur la structure de la Terre, a été développé et un modèle mondial sera réalisé avec cette hypothèse.

Nous pouvons tirer de nombreuses conclusions frappantes de cette théorie. L'une d'entre elles est que les outils du système technique sont passés du macro-niveau au micro-niveau au cours de l'évolution. Cela se réfère souvent à notre vision du monde : modèles de différents processus et de différents phénomènes. Un humain se rapproche du mécanisme de la Nature au fil de son apprentissage.

### 2.7.1. Définition

Le développement des organes de travail (« Outils ») s'effectue d'abord au macro-niveau, puis au micro-niveau.

G. S. Altshuller, *Creativity as an Exact Science: The Theory of the Solution of Inventive Problems* (traduction anglaise A. Williams. Gordon and Breach Science Publishers, New York, 1984), p. 230.



### 2.7.2. Théorie (Détails)

Dans la plupart des systèmes techniques modernes, le dispositif de travail (Outil) est : « pièces en fer », « pièces métalliques », des pièces présentant la forme de macro-objets et rappelant souvent la main de l'homme.

Que signifie « pièces en fer », « pièces métalliques » ? Pour soulever des cargaisons, on utilise un crochet de grue ou un godet d'excavation. Le travail sur le matériau peut être effectué par un couteau, un outil coupant, une fraise de dentiste. Dans certains cas, un crochet de grue présentant la forme d'une « pièce en fer » est remplacé par un puissant électro-aimant. Quels sont les avantages d'un tel Outil ? Il peut, par exemple, saisir et soulever des objets de toutes formes, puisque c'est le champ magnétique, et pas un crochet, qui saisit l'objet.

Avant de coudre un costume, une robe ou tout autre habit, il est nécessaire de découper des patrons de la forme et de la taille définie. Dans le temps, on utilisait des ciseaux pour cela, un type de « pièce en fer ». De nos jours, un jet d'eau sous pression est utilisé dans certaines usines pour remplir cette fonction. Cet outil coupe le tissu plus rapidement et plus précisément. De plus, il peut couper plusieurs couches de matériau, réalisant ainsi plusieurs patrons non-finis.

Avons-nous toujours besoin d'un tel changement ? De passer de macro-objets à des micro-objets ? Cela peut être résolu si nous répondons à la question-clé : à quel point l'Outil actuel remplit-il bien sa fonction et est-ce que des micro-objets peuvent mieux remplir cette fonction ?

L'Outil est changé d'abord – comme le résultat de la nécessité de réaliser la nouvelle fonction. En règle générale, le mécanisme de la loi de la transition du macro-niveau vers le micro-niveau peut être utilisé pour résoudre des contradictions liées à l'Outil. Donc, au moment de la transition de l'Outil vers le micro-niveau, l'espace et de volume occupés par l'Outil et le système technique diminuent, leur efficacité augmente, tout comme leur multifonctionnalité.

Cette transition est souvent réalisée par le nouveau principe de la tâche, par le nouvel effet physique, chimique ou géométrique, ou par le phénomène. Pour cette raison, la pratique de l'application de la loi est étroitement liée à d'autres outils et technologies : TRIZ OTSM, ARIZ, Standards, Méthodes, le schéma Multi-écrans et d'autres.

### 2.7.3. Modèle

Les modèles qui illustrent la loi de la transition du macro-niveau au micro-niveau comprennent les éléments suivants :

- le schéma multi-écrans ;
- une courbe en S ;
- la ligne de développement de la « chaîne mono-bi-poly » ;
- la liste des champs typiques utilisés dans le système technique ;
- une chaîne de substance éclatée ;
- et d'autres.

Illustrons un de ces éléments – une chaîne de substance éclatée.

Les stades de développement suivants apparaissent au cours de l'évolution d'une partie du système technique :

1. un système monolithique ;
2. un système avec articulation ;
3. une construction flexible ;
4. particules ; petites particules (particules fines) ; matériaux granulaires ;
5. agrégats moléculaires, molécule, atomes, ions ;
6. particules élémentaires,
7. un champ.

Ce modèle de développement a un caractère généralisé. Les stades de développement sont illustrés de manière détaillée. Si nécessaire, il est possible d'examiner une « Ligne » plus en détail encore. Par exemple, le stade « Système avec articulation » peut être divisé en plusieurs sous-stades comme « système avec une articulation », « système avec deux articulations », etc. La logique de son application ne requiert pas uniquement la transition obligatoire et inconditionnelle d'un système vers un nouveau stade de développement conformément à la chaîne éclatée. La condition principale de la nécessité de transition est d'une part l'exigence de la réalisation de la nouvelle fonction et, d'autre part, l'impossibilité de cette réalisation par le système technique donné. Pour être plus précis, c'est la présence d'un problème, la contradiction administrative et technique. Les moyens permettant une telle transition sont la contradiction physique révélée et la manière de sa décision qui correspond à l'une des transitions de la « chaîne éclatée ».

Il est très important de connaître la chaîne éclatée et de la garder constamment à l'esprit. Mais elle ne doit pas être appliquée mécaniquement. Il est important d'analyser un système technique, l'évolution de son développement, les problèmes qui surviennent. Il est nécessaire de définir correctement la fonction requise de la part du système technique. Et ce n'est qu'après cela que la « chaîne éclatée » et d'autres outils de TRIZ OTSM sont appliqués.

#### **2.7.4. Instruments - Outils (comment utiliser)**

Au stade où le problème estposé :

Pendant l'application pratique de la loi donnée, il est nécessaire de définir le stade de développement dans lequel se situe l'Outil d'un système (un organe de travail), d'évaluer s'il y a une limite à son développement et s'il y a des systèmes alternatifs présentant la structure de micro-niveau.

Au stade où le problème est résolu :

Pendant la recherche de la solution à un problème, il est nécessaire de porter une attention particulière aux effets physiques, chimiques et géométriques et aux phénomènes qui permettent la transition vers le micro-niveau.

La loi de la transition du macro-niveau au micro-niveau coopère souvent avec d'autres lois, par exemple : la loi de la continuité énergétique des parties du système ; la loi de l'harmonie du rythme des parties du système ; la loi d'augmentation de Su-Field. (Pour ce qui est de l'analyse Su-Field, veuillez voir la partie correspondante dans le livre électronique : Modélisation Su-Field et Solutions Standards). Les critères mis en avant par les lois de la continuité énergétique et de l'harmonie des rythmes des parties d'un système peuvent être atteints lorsque la transition du macro-niveau au micro-niveau est achevée. Et les mécanismes de la loi de l'augmentation de Su-Field peuvent servir de méthode de transition du macro-niveau au micro-niveau.

Les illustrations d'une chaîne éclatée sont présentées dans l'exemple ci-dessous d'un sous-système « roue » en tant que moyen de transport.

##### **1. Le système monolithique :**

Une roue monolithique faite d'un matériau comme la pierre ou la section d'un tronc d'arbre.

##### **2. Système avec articulation :**

Une articulation est utilisée pour compléter la fonction de la roue qui tourne.

##### **3. Une construction flexible :**

Une roue avec le revêtement en caoutchouc (surface) ;

La transformation d'une partie de la masse solide de la roue en rayons ;

Une chenille comme pour les tracteurs et les chars ;

Une roue flexible qui s'adapte au profil du sol.

##### **4. Particules ; petites particules (particules fines) ; matériaux granulaires :**

Une roue avec chambre à air ;

Une construction du type connu sous le nom brosse ;

Un moteur à propulsion hydraulique ;  
Un turboréacteur.

## 5. Agrégats moléculaires, molécule, atomes, ions :

Flux d'air (« coussin d'air »);

Le moteur à ions (cette idée est décrite dans la science-fiction).

## 6. Particules élémentaires :

La « voile solaire » (une autre idée décrite dans la science-fiction).

## 7. Un champ :

Un coussin magnétique (lévitation magnétique, comme utilisée par les trains Transrapid et MAGLEV).

### 2.7.5. Exemples

#### Exemple

Observons rapidement quelques exemples de l'histoire de l'enregistrement et du stockage de son pour sa reproduction ultérieure.



Les premiers dispositifs techniques de ce domaine étaient : une horloge à sonnerie avec différentes mélodies, le piano mécanique, l'orgue de Barbarie. Il faut noter que ces appareils ne servent en fait pas à enregistrer le son, mais qu'ils impliquent tout de même la programmation du son. Les porteurs de l'information sonore d'un tel système sont une succession de dents, de creux, de bords sur un arbre rotatif ou une roue. De plus, des cordes, des plateaux vibrants, etc. sont nécessaires pour la reproduction des sons « enregistrés » de cette manière. La taille de tous ces éléments pour l'enregistrement et la reproduction du son varie de quelques millimètres (une montre de poche) à plusieurs centimètres, voire à plusieurs dizaines de centimètres dans une tour horloge. La taille d'un élément de stockage du son varie donc de 0,1 mm à 10 cm.

#### Exemple

L'enregistrement du son a réellement débuté avec l'invention du phonographe par Thomas Edison. Les fluctuations mécaniques d'un son enregistré laissaient une trace sur une plaque rotative en cire. Cette « trace » d'un son était ensuite transférée sur un médium plus ferme – le métal, et plus tard le vinyle. Un élément préservant un son enregistré était la piste sonore variable (sillon) créé par le son lui-même. La taille de cet élément varie de quelques millimètres. La taille d'un élément du stockage du son a diminué par rapport aux dents, creux et cordes.



La taille d'un élément de stockage du son était, à cette époque, de 0,01 mm – 0,1 mm.

#### Exemple

Avec la transition vers le moyen magnétique d'enregistrer le son, de nouveaux systèmes techniques ont fait leur apparition : les magnétophones à cassette. À l'origine, l'enregistrement était réalisé sur un fin fil de métal, puis sur un ruban plastique avec de la poudre ferromagnétique. Dans ces cas, les particules et les domaines magnétiques sont devenus les porteurs des fluctuations du son avec des tailles variant entre 1 et 10 microns. La taille des éléments stockant les fluctuations du son a été réduite plusieurs fois. La taille d'un élément du stockage du son était alors comprise entre 0,001 mm et 0,01 mm (1 -10 microns).



#### Exemple

De nos jours, les disques optiques, les disques magnétiques et les éléments à l'état solide (cristaux) servent de porteurs de données et sont utilisés pour l'enregistrement du son. Les ouvertures dans les disques optiques ou lasers, les structures magnétiques – les domaines dans les systèmes de stockage magnétiques, les nanostructures dans les puces électroniques sont utilisés comme élément de stockage dans de tels systèmes. La taille des éléments a diminué plusieurs



fois par rapport aux exemples précédents. Elle se mesure maintenant en fractions de micron. Nous considérons, intentionnellement, l'évolution du développement des moyens d'enregistrement et de stockage du son de manière simplifiée, omettant de nombreux détails et ne décrivant la technologie que de manière très générale. Le but de cet exemple est de montrer la transition du macro-niveau vers le micro-niveau des éléments de stockage de l'information.

## Exemple

Qu'est-ce qui restreint l'évolution de la vitesse des trains ? Un problème survient lorsqu'un train se déplace à très grande vitesse et qu'il y a un contact entre les roues et les rails.

Le stade suivant du développement est un train sur coussin électromagnétique à la place des roues habituelles. La transition de la paire « roue-rail » vers l'interaction électromagnétique est réalisée dans la construction du train. Ce type de transition a résolu un certain nombre de problèmes : douceur du mouvement, réduction du bruit, transmission d'énergie de la source au moteur du train. La collection du courant (transfert) a également fait l'objet de changements : il n'y a pas de contact de glissement « collection de courant-câble ». La fonction de la transmission d'énergie est également remplie par un champ.



*Fig. 7.2. Train « Transrapid ».*



*Fig. 7.3. Indication de la vitesse pour les passagers.*



### 2.7.6. Auto-évaluation (Questions, tâches)

#### Résumé.

L'Outil de nombreux systèmes techniques est le macro-objet. Son développement est effectué d'abord au macro-niveau. Ensuite, une fois les ressources de son développement épuisées, l'Outil est transféré au micro-niveau.

#### Les définitions de base

Micro-niveau ; Macro-niveau ; Schéma multi-écrans ; Courbe en S ; ligne du développement de la chaîne mono-bi-poly ; liste des champs typiques utilisés dans le système technique ; chaîne éclatée de substance. Pour l'analyse Su-Field, voir la partie correspondante dans le livre électronique : [Modélisation Su-Field et Solutions Standards](#).

#### Questions

(Les réponses à toutes ces questions peuvent être trouvées dans le texte de ce chapitre. Veuillez relire les paragraphes correspondants de ce chapitre).

1. Comment pouvons-nous définir la transition du macro-niveau vers le micro-niveau ?
2. Quelles sont les conditions principales des changements de l'Outil et de sa transition du

macro-niveau au micro-niveau ?

**Donnez quelques exemples de transition du macro-niveau au micro-niveau.**

## 2.7.7. Références

**Altshuller, G. S.,** *Creativity as an Exact Science. Theory of Inventive Problem Solving* (en russe) (Sovetskoye Radio, Moscou, 1979), p. 126-127.

**Altshuller, G. S.,** *Creativity as an Exact Science: The Theory of the Solution of Inventive Problems* (traduction anglaise A. Williams. Gordon and Breach Science Publishers, New York, 1984), p. 230.

**Salamatov, J.**, “System of development of creativity laws”. // *Chance to Adventure*, Petrozavodsk, “Karelia”, 1991. pp. 112-124. (en russe)

*Fig. 8.1. Section of a magnetic chain of a loudspeaker*





2.4 La loi de l'augmentation du niveau d'idéalité du système

## 2.8 : La loi de l'augmentation de l'implication de Su-field

Une magnifique photo d'un loup est posée devant moi : un regard vif et attentif, des crocs effrayants dans une gueule semblable à celle d'un rapace et les muscles tendus avant un bond décisif. Cependant, c'est davantage l'intelligence et la créativité qui m'attire dans ces animaux. Nous pouvons faire de nombreuses analogies et de nombreux parallèles entre l'évolution des systèmes biologiques et des systèmes techniques. Il y a d'ailleurs une science, la bionique, qui étudie les possibilités d'application des solutions biologiques dans le domaine de la technologie.



Nous ne nous intéressons pas aux solutions, mais aux méthodes de résolution. Voici un problème : même les enfants savent que les loups mangent de la viande crue et ne se brossent pas les dents. Ceux qui ont déjà vu un loup dans un zoo savent quelle odeur désagréable et forte se dégage de la gueule de l'animal. Mais c'est son odeur. Cette odeur est naturelle pour lui et lui sert même de « carte de visite » lorsqu'il rencontre d'autres loups et communique avec eux. Mais cette odeur peut déranger un loup. Souvent, un loup attaque sa proie en la prenant dans une embuscade. Il rampe vers la proie à partir du côté 'vent arrière' de manière que le vent souffle de la proie vers le loup, et pas dans l'autre direction. Dans ce cas, le loup sent l'animal qu'il chasse et l'odeur du loup est emportée dans la direction opposée.

Mais comment le loup agit-il lorsqu'il n'y a pas de vent ou lorsque la distance avec la proie est très courte ? Ce problème est particulièrement grave en hiver. Les odeurs de l'haleine chaude du loup se propagent très bien dans l'air froid. L'odeur ne peut être masquée par les fleurs ou d'autres éléments de la nature. Tout est mort jusqu'au printemps. Le loup en embuscade ne bouge pas. Il ne se brosse pas les dents et il ne sait pas, conscientement, comment résoudre le problème de la mauvaise haleine. Il est guidé par un instinct puissant, vieux de plusieurs siècles et par les connaissances de ses ancêtres, de son expérience personnelle et de son esprit. Souvent, il paie de sa vie – ou de la vie de sa progéniture – le prix de l'ignorance et de la non-observation de telles règles.



C'est pourquoi, en hiver, avant d'effectuer un bond décisif sur sa proie, le loup prend une gueule pleine de ... neige ! La neige réduit, pendant un temps, la température de la gueule du loup et l'évaporation de l'humidité, c'est-à-dire de son odeur. En outre, ce filtre naturel fait de nombreux petits cristaux de neige présente une grande surface et réduit l'haleine. Finalement, la neige fond dans la gueule du loup et l'eau emporte l'odeur avec elle, sans que celle-ci ne soit rejetée dans l'air. S'il doit attendre plus longtemps avant de pouvoir bondir sur sa proie, le loup reprend de la neige, encore et encore ...

Qu'est-ce qui a changé dans la structure du système ? Pour des raisons de rapidité, nous ne donnons qu'une formule Su-Field d'une partie conflictuelle du système « loup-proie » avant et après l'introduction du changement « neige dans la gueule pour éliminer une odeur ». (Pour une explication plus détaillée de l'analyse Su-Field, veuillez lire le chapitre correspondant dans le livre électronique Modélisation Su-Field et Solutions Standards).



Problème :

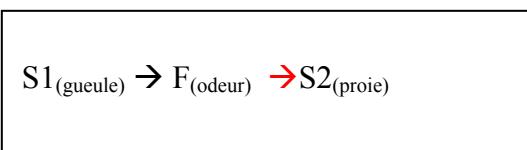


Fig. 8.1

Solution :

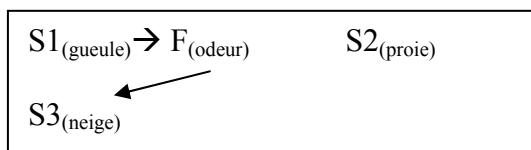


Fig. 8.2

### 2.8.1. Définition

Le développement de systèmes techniques s'effectue en direction de l'augmentation de l'implication Su-Field.

G. S. Altshuller, *Creativity as an Exact Science: The Theory of the Solution of Inventive Problems* (traduction anglaise A. Williams. Gordon and Breach Science Publishers, New York, 1984), p. 231.



### 2.8.2. Théorie (Détails)

Nous savons déjà que les parties d'un système technique se développent de manière inégale au cours de l'évolution du système. À certains moments du développement, une partie du système technique devient compliquée. Mais cette complication, ce développement, peut être expliquée de manière logique.

Cette partie du système technique subit un développement (dans un cas particulier : devient compliqué) qui comprend un conflit, des contradictions techniques et physiques. De la même manière, un modèle Su-Field reflète exactement cette situation. Dans ce cas, nous pouvons parler de la direction du développement du système technique que le modèle Su-Field présente comme l'augmentation de l'implication de Su-Field.



Pour décrire un outil de système technique simple, un Su-Field de deux ou trois éléments est suffisant. En règle générale, tous les systèmes techniques situés au stade de la génération sont un produit travaillé par un outil tenu par la main de l'homme. Ce sont des outils de travail simples comme un poinçon, un couteau, etc. Graduellement, les inconvénients de ces systèmes techniques apparaissent, et avec eux, de nouveaux besoins et de nouvelles solutions concernant les modifications des systèmes techniques pour satisfaire ces nouveaux besoins. Au cours des modifications du système technique initial, le système technique révèle de nouveaux sous-systèmes avec leurs inconvénients qui requièrent, eux aussi, des solutions en vue d'une amélioration.

Pour analyser et identifier les problèmes et les moyens de les résoudre, il est nécessaire de représenter clairement la structure du système technique, la zone conflictuelle – un « goulot », ainsi que les changements qui ont lieu dans cette structure lorsque le système technique se développe. Il est possible d'utiliser un modèle Su-Field pour cette représentation.

### 2.8.3. Modèle

Un système technique peut être décrit comme un Su-Field. Ce modèle comprend les principaux champs et substances d'un système technique et leurs interconnexions. Tous les champs et substances présents dans un système technique ne sont pas représentés dans le modèle, mais uniquement ceux qui contribuent directement à remplir la fonction du système technique.

$S1 \rightarrow F \rightarrow S2$

Prenons pour exemple une bouilloire électrique servant à chauffer de l'eau. La fonction de ce système est de chauffer du liquide (eau), de la température initiale (température ambiante) à la température d'ébullition. Ou : « changer le paramètre de l'élément eau de la Valeur « température ambiante » à la valeur « température d'ébullition ». Dans ce cas, la formule Su-

Field est :

S1 – élément électrique d'une bouilloire ;

F – champ thermique ;

S2 – eau dans une bouilloire.

La formule signifie : l'élément électrique d'une bouilloire (S1) chauffe l'eau jusqu'à la température d'ébullition grâce à un champ thermique (F). Le modèle Su-Field d'une bouilloire électrique peut être davantage développé, selon les objectifs de l'analyse. Par exemple, si nous voulons analyser, identifier et décrire les problèmes liés à la transformation d'énergie électrique en énergie thermique, nous devons construire un modèle Su-Field. Dans ce cas, une formule Su-Field sera complétée par un élément : « champ du courant électrique ». F(électricité) → S1(spirale) → F(chaleur) → S2(eau).

#### 2.8.4. Instruments - Outils (comment utiliser)

 Il est possible que le système technique donné ne réponde pas aux besoins du client. Par exemple, il peut être mécontent du mode de fonctionnement de la bouilloire si après l'avoir allumée, l'eau chauffe au point de s'évaporer et de disparaître entièrement, voire au point de brûler l'élément électrique de la bouilloire. Il nous faut, dans ce cas, spécifier la nouvelle fonction requise : lorsque la température d'ébullition est atteinte, la bouilloire doit se couper automatiquement.

Une solution partielle possible apparaît dans une nouvelle formule Su-Field. Une nouvelle substance S2 est introduite dans le système technique (par ex. une plaque bimétallique qui se courbe lorsqu'elle atteint la température de 100°C et sépare ainsi les éléments de contact).

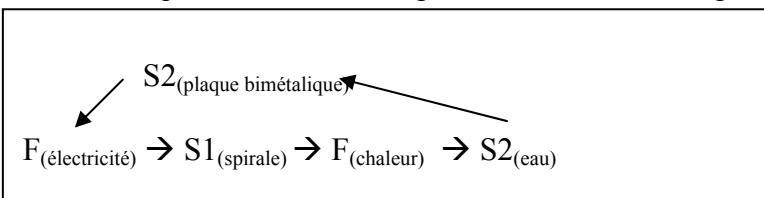


Fig. 8.3

#### 2.8.5. Exemple

##### Exemple

 Prenons l'exemple du loup du point de vue de l'analyse Su-Field et de manière plus détaillée. Le problème est qu'à courte distance, la proie peut percevoir l'odeur de loup.

S1<sub>(gueule d'un loup)</sub> → F<sub>(odeur)</sub> → S2<sub>(proie)</sub>

Comment est-il possible de retenir ou d'éliminer l'odeur de la gueule du loup ? Il est nécessaire de détruire une connexion néfaste afin de réaliser une fonction cachée :

F<sub>(odeur)</sub> → S2<sub>(proie)</sub>

Il est nécessaire de construire un Su-field en introduisant un nouveau champ ou une nouvelle substance :

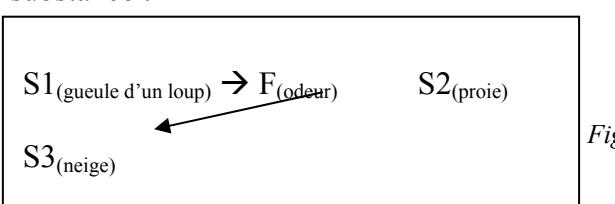


Fig. 8.4

Les noms conventionnels sont donnés aux substances et aux champs. L'objectif de ces noms est d'améliorer la compréhension de la situation. En fait, les substances chimiques présentes dans la gueule d'un loup servent de source à cette mauvaise haleine. D'un point de vue physique, un champ d'odeur est un composé chimique volatile qui atteint un autre animal par le biais de la respiration du loup. La Substance 2, appelée « proie » ci-dessus, est le récepteur de l'odeur (les organes de l'odorat). Pour l'analyse, il est cependant important de créer une image mentale d'un Su-Field. Une perception intégrale de la situation est plus importante que les détails et la précision des descriptions.

### Exemple

Comment sortir de petits éléments (par ex. éléments métalliques de remplissage) d'un trou profond ? Il est difficile de faire cela avec des pinces mécaniques. Dans la formule d'un Su-Field, une mauvaise interaction du champ mécanique avec la garniture est exprimée :



$$F1_{(\text{mécanique})} \rightarrow S1_{(\text{éléments de remplissage})}$$

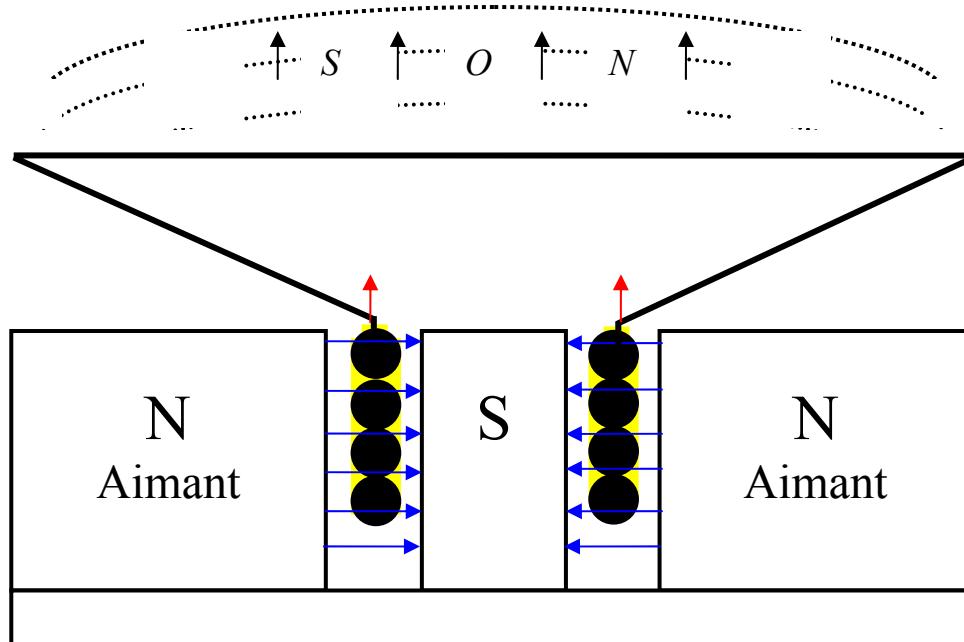
Complétons le Su-field en introduisant une nouvelle substance (aimant) et un nouveau champ (un champ magnétique) :  $F1_{(\text{mécanique})} \rightarrow S2_{(\text{aimant})} \rightarrow F2_{(\text{champ magnétique})} \rightarrow S1_{(\text{éléments de remplissage})}$

Comment résoudre ce problème si les éléments de remplissage ne sont pas magnétiques ? La logique de la solution est la même, mais il est nécessaire de sélectionner un champ présentant une bonne interaction avec les éléments de remplissage. Il peut, par exemple, s'agir d'une substance adhésive combinée à la puissance d'une adhésion mécanique (champ mécanique) des éléments de remplissage

$$F1_{(\text{mécanique})} \rightarrow S2_{(\text{substance adhésive})} \rightarrow F2_{(\text{mécanique})} \rightarrow S1_{(\text{éléments de remplissage})}$$

### Exemple

La Figure 8.5 représente une coupe transversale de la chaîne magnétique d'un haut-parleur.



*Fig. 8.5. Coupe transversale de la chaîne magnétique d'un haut-parleur*

# tETRIS

Légende :

- 1 – aimant
- 2 – composé qui remplit la fonction d'un cadre de bobine
- 3 – bobine
- 4 – diffuseur
- 5 – lignes d'un champ magnétique

Une bobine avec un conducteur qui se situe dans un champ magnétique est le Moteur, le transformateur de champs électriques et magnétiques en vibrations mécaniques d'un diffuseur, puis de l'air. Nous avons déjà étudié la chaîne magnétique d'un haut-parleur ci-dessus (Chapitre 2, exemple 2.2, tâche à la fin de la section et Chapitre 4, exemple 4.5).

Une fois le cadre de bobine remplacé par un composé qui maintient les spires d'une bobine, il devint possible d'améliorer le refroidissement de la bobine et de réduire l'espace de la chaîne magnétique. Cependant, pour réduire les pertes dans un champ magnétique et augmenter l'efficacité de tout le système « Haut-parleur », il est nécessaire de réduire la distance entre les aimants. Plus l'espace est important, plus les pertes sont grandes.

Une nouvelle contradiction apparaît donc : l'espace doit être petit pour réduire les pertes dans une chaîne magnétique ; l'espace doit être grand pour améliorer le refroidissement d'une bobine. Idéalement, il devrait ne pas y avoir d'espace d'air dans la chaîne magnétique.

Nous pouvons étudier diverses situations grâce à une analyse Su-field :

- modèle d'un système technique pendant la réalisation de la fonction principale ;
- modèle d'un système technique pendant la transformation principale d'énergie par le Moteur ;
- conflit-1 : perte d'énergie dans l'espace ;
- conflit-2 : refroidissement de la bobine ;
- et d'autres.

Prenons la situation avec des pertes dans l'espace d'air d'une chaîne magnétique. Nous soulignons une contradiction : l'espace d'air doit être présent afin de garantir le mouvement libre de la bobine ; il ne doit pas y avoir d'espace d'air pour éviter les pertes dans une chaîne magnétique.

Créons une formule Su-field de ce conflit :

$$S1_{(\text{aimant})} \rightarrow F_{(\text{magnétique})} \rightarrow S3_{(\text{espace d'air})} \rightarrow S2_{(\text{bobine})}$$

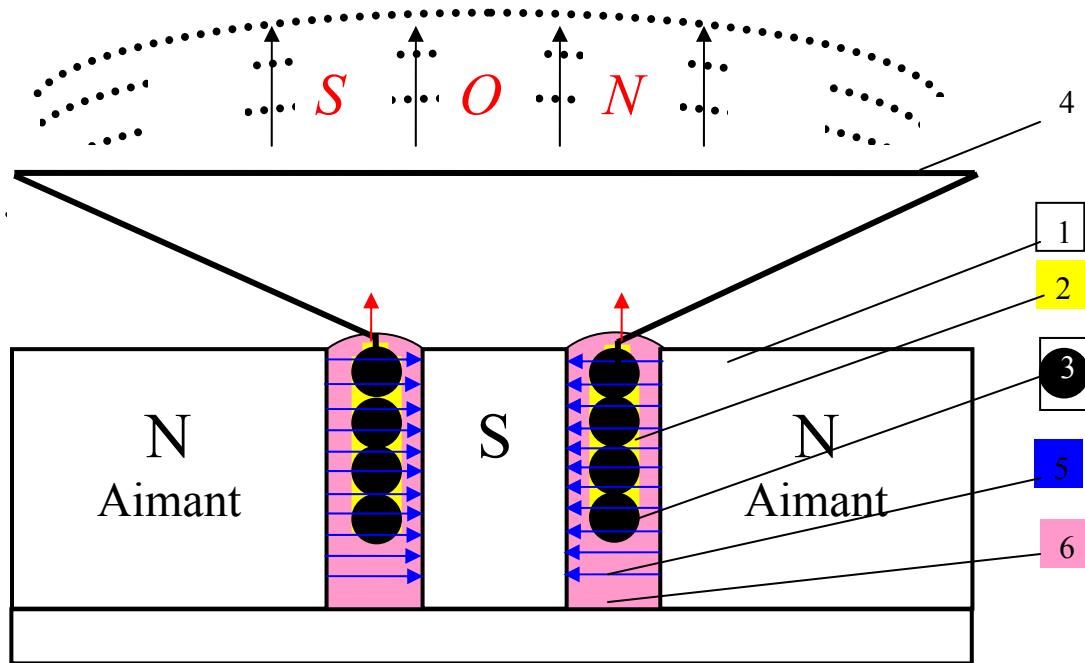
La contradiction donnée peut être formulée de la manière suivante : l'espace entre les aimants doit être continu pour être magnétique ; l'espace ne doit pas être continu pour permettre le mouvement de la bobine.

La contradiction donnée peut être résolue en détruisant un Su-field en introduisant une nouvelle substance dans l'espace d'air d'une chaîne magnétique :

$$S1_{(\text{aimant})} \rightarrow F_{(\text{magnétique})} \rightarrow S3_{(\cancel{\text{espace d'air}})} \rightarrow S2_{(\text{bobine})}$$

Nous obtenons le Su-field suivant en remplaçant l'espace d'air par un liquide magnétique :

$$S1_{(\text{aimant})} \rightarrow F_{(\text{magnétique})} \rightarrow S3_{(\text{liquide magnétique})} \rightarrow S2_{(\text{bobine})}$$



*Fig. 8.6. Coupe transversale de la chaîne magnétique d'un haut-parleur avec un espace rempli par un liquide magnétique (6)*

Légende :

- 1 – Aimant
- 2 – Composé qui remplit la fonction d'un cadre de bobine
- 3 – Bobine
- 4 – Diffuseur
- 5 – Lignes du champ magnétique
- 6 – Matériau magnétique liquide

Un liquide magnétique est fait de très petites particules de matériau magnétique en suspension dans un liquide. Un tel mélange a les propriétés de deux substances : d'une part, il est magnétique. D'autre part, il présente la propriété d'un liquide, par ex. il est fluide. Ainsi, en remplaçant l'espace, le liquide magnétique réduit les pertes d'énergie, mais permet à une bobine de bouger librement.

La solution donnée – avec l'introduction d'un liquide magnétique dans un espace d'air – permet de résoudre un problème plus important : le refroidissement de la bobine. En réduisant l'espace pour diminuer les pertes magnétiques, nous dégradons l'élimination de la chaleur produite par la bobine. L'air présente une capacité thermique très faible et une mauvaise conductivité thermique. C'est pourquoi, en réduisant son volume dans l'espace, nous réduisons la quantité de chaleur éliminée. C'est le remplacement par un liquide magnétique qui permet la transmission plus efficace de la chaleur d'une bobine à l'environnement.

## 2.8.6. Auto-évaluation (Questions, tâches)

### Résumé

Un système technique et ses parties peuvent être décrits comme un modèle Su-Field. Un modèle Su-Field représente les substances et les champs présents dans le système technique donné ou ses parties utilisées pour remplir la fonction décrite ainsi que les interconnexions et leur caractère entre les substances et les champs du système technique donné ou de ses parties.

Le développement de systèmes techniques s'effectue dans la direction reflétée dans le changement de modèle Su-Field. Ces changements prennent la direction de l'augmentation de l'implication de Su-Field. En particulier : l'augmentation du nombre d'éléments (substances et champs), l'augmentation des quantités de connexions entre les éléments, l'augmentation de la sensibilité des connexions entre les éléments, l'introduction de nouveaux éléments, le changement de la structure d'un système technique.

### Les définitions de base

Su-field, Modèle Su-Field, substance, champ

### Questions

(Les réponses à toutes ces questions peuvent être trouvées dans le texte de ce chapitre. Veuillez relire les paragraphes correspondants de ce chapitre).



Qu'est-ce qu'un modèle Su-Field ?

Qu'est-ce que la loi de l'augmentation de l'implication de Su-Field ?

Donnez des exemples démontrant la loi de l'augmentation de l'implication de Su-Field.

## 2.8.7. Références



**Altshuller, G. S.**, *Creativity as an Exact Science. Theory of Inventive Problem Solving* (en russe) (Sovetskoye Radio, Moscou, 1979), p. 127.

**Altshuller, G. S.**, *Creativity as an Exact Science: The Theory of the Solution of Inventive Problems* (traduction anglaise A. Williams. Gordon and Breach Science Publishers, New York, 1984), p. 231.

**Salamatov, J.**, “System of development of creativity laws”. // *Chance to Adventure*, Petrozavodsk, “Karelia”, 1991. pp. 103-110. (en russe)

**Kaikov, O. I.**, “A few examples of problems and solutions taken from wolf's life and behavior” (Karlsruhe, 2008, manuscrit).





4 Analyse Su-Field et Solutions Standard  
5.3 Techniques pour Résoudre les Contradictions Physiques

## 3 Rapide Examen de l'Algorithme de Résolution de Problèmes Inventifs (ARIZ) d'Altshuller Illustré par l'Analyse d'un Problème Réel.

L'objectif de cet article est de faciliter la compréhension des principes généraux de l'opération ARIZ, mais pas sous la forme d'une assimilation détaillée de toutes les étapes de l'algorithme. Ces pourquoi nous allons uniquement discuter des objectifs de chaque étape et de leur rôle dans le processus global de l'analyse. Nous souhaitons vous rappeler que l'auteur d'ARIZ recommande de suivre une formation avant d'appliquer TRIZ à des problèmes réels. Il existe un grand nombre de nuances, qui sont importantes pour la réalisation des différentes étapes d'ARIZ. Il est difficile de les illustrer toutes lorsque l'on analyse un seul problème ; c'est pourquoi il est conseillé d'apprendre ARIZ avec un enseignant expérimenté qui utilise, à titre d'exemple, un grand nombre de problèmes d'entraînement.

### 3.0 Création et développement d'ARIZ

Au cours de l'évolution d'ARIZ, les étapes d'analyse et de résolution de la contradiction ont été continuellement approuvées, développées, spécifiées et testées sur des problèmes compliqués collectés par l'auteur d'ARIZ pendant plus de 40 ans à partir de 1946. Au milieu des années 80, Altshuller avait collectionné plus de 120 problèmes pour lesquels les versions précédentes d'ARIZ n'étaient pas d'un grand secours. Ces problèmes ont été utilisés pour tester et peaufiner de nouvelles versions d'ARIZ, et ont été appliqués dans des ateliers et par des étudiants distants.

Le développement d'ARIZ est également lié au développement des lois d'évolution du système technique et à la compréhension de la manière d'appliquer ces dernières pour la conception de nouveaux systèmes ou pour l'amélioration des systèmes existants. Ainsi, dans la version courante d'ARIZ et de ses suppléments OTSM, les lois de l'évolution sont présentes principalement dans une forme indistincte.

Actuellement, ARIZ est une méthode extrêmement détaillée qui peut être perçue comme compliquée. Ce matériel d'enseignement a été conçu pour faciliter la compréhension de la logique générale de la dernière version d'ARIZ d'Altshuller (ARIZ 85-C). En utilisant un vrai problème comme exemple, nous essayerons d'illustrer l'aide qu'OTSM peut apporter à la résolution de problèmes survenant lors de l'utilisation d'ARIZ-85-C.

Il convient également de mentionner que l'exécution minutieuse des étapes d'ARIZ-85-C simplifie considérablement l'analyse par rapport aux versions précédentes d'ARIZ. Réaliser ces étapes de manière minutieuse développe chez les étudiants certaines compétences de réflexion pouvant être efficaces en cas de problème.

Il est également nécessaire de mentionner certaines particularités concernant le fait d'assimiler ARIZ au point que cela devienne un automatisme dans son application à des problèmes réels. Tout d'abord, la pratique répétée des étapes d'ARIZ dans le cadre de la formation et de problèmes réels permet l'apprentissage de nuances additionnelles, dépendant de la situation spécifique, dans la résolution des différentes étapes. Par conséquent, réaliser ces étapes devient automatique, plus rapide. De plus, les différentes étapes sont réalisées au niveau du subconscient.

Il arrive souvent qu'à cette étape, les étudiants eux-mêmes ne se rendent pas compte de leur accomplissement. Il n'est pas rare qu'il y ait des cas pour lesquels certains pensent qu'un problème a été résolu sans ARIZ et démontrent une solution plutôt acceptable et réalisable en pra-

tique. Discuter de la solution avec un tel étudiant prouve qu'il a formulé une contradiction, analysé les ressources disponibles dans la situation donnée et trouvé une façon d'utiliser ces ressources pour la résolution de la contradiction, le résultat étant proche du Résultat Final Idéal (RFI) dans la limite permise par les ressources disponibles dans cette situation. Cela prouve généralement que les compétences en matière de réalisation de nombreuses étapes de la première partie d'ARIZ ont déjà été acquises par les étudiants, mais que la compétence en matière de réflexion décrite dans sa dernière partie n'ont pas encore été suffisamment développées. Donc, l'étudiant a résolu un problème mais n'a pas analysé son propre processus de réflexion, ni le chemin qu'il a parcouru pour obtenir la solution. Cela arrive généralement avec des problèmes relativement simples, et les étudiants peuvent avoir l'impression d'avoir déjà pénétré ARIZ. Cependant, ils ne peuvent gérer efficacement des problèmes plus compliqués pour lesquels une compétence de réflexion est particulièrement importante pour la réalisation des étapes de la troisième partie. Après être passés par cette étape d'assimilation d'ARIZ, les étudiants acquièrent un niveau plus élevé de maîtrise de l'outil. Ils sont capables non seulement de suggérer une solution à un problème après avoir pris connaissance de la description initiale d'une situation, mais aussi de montrer, de manière générale, dans quelle mesure cette solution résulte de la description du problème.

Et finalement, après avoir acquis de l'expérience à travers le travail sur des problèmes réels, une compétence supplémentaire est acquise. Les problèmes utilisés dans les formations sont généralement plus ou moins adaptés aux objectifs spécifiques des étapes de formation. Cette situation est typique de toute formation dans n'importe quel domaine transmettant des compétences utilisées en pratique. En réalité, une description initiale d'un problème non standard est souvent pauvre en particularités inutiles et inessentielles ou, à l'inverse, manque d'informations importantes pour la compréhension de l'essence du problème. Souvent, les experts TRIZ professionnels suggèrent des solutions en passant mentalement les problèmes à travers toutes les étapes d'ARIZ de manière à réaliser plus précisément la description initiale de la situation problématique avant de commencer une analyse approfondie. Vu de l'extérieur, cela peut ressembler à une méthode ordinaire d'essais et d'erreurs, mais, en réalité, il s'agit d'une technologie de résolution de problème assez différente. En analysant mentalement un problème selon les étapes d'ARIZ, un expert évalue l'information déjà disponible et obtient des informations additionnelles importantes à propos du problème, informations qui ne sont pas présentes dans la description initiale du problème. Une fois la description de la situation suffisamment complète, un travail approfondi et sérieux avec les outils ARIZ ou TRIZ-OTSM est entrepris. Par exemple, si une situation comprend de nombreux problèmes, il serait sage de tout d'abord formaliser sa description sous la forme d'un Réseau OTSM de Problèmes. En construisant ce réseau, une analyse mentale – telle que décrite ci-dessus – des sous-problèmes séparés et de leurs spécifications est réalisée.

C'est pourquoi ARIZ n'est pas seulement un outil permettant de résoudre des problèmes complexes, c'est également – et cela est important – un outil permettant de développer un certain style de réflexion lorsque l'on travaille sur la connaissance d'une situation problématique. C'est justement ce travail sur la connaissance déjà disponible et l'objectif d'obtenir et d'utiliser une nouvelle connaissance de manière créative, qui fait d'ARIZ un important outil pédagogique pouvant s'avérer utile dans l'éventail des processus et technologies éducatives. Cet outil peut, par exemple, considérablement augmenter le niveau d'efficacité de ce que l'on appelle l'enseignement des problèmes. Dans cet enseignement, l'introduction d'un nouveau sujet commence par la présentation, aux étudiants, d'une situation problématique typique qu'ils doivent gérer pour se préparer à l'assimilation de nouvelles connaissances et comprendre de quelle manière les éléments étudiés peuvent leur servir à gérer des situations typiques similaires. Les compétences de réflexion nécessaires à la réalisation des étapes séparées d'ARIZ s'avèrent également utiles pour diverses situations et technologies pédagogiques et éducatives.



Pour résumer cette partie de l'introduction à ARIZ, nous souhaitons mentionner le fait que les compétences acquises dans le cadre de l'utilisation d'ARIZ aident les enseignants à résoudre des problèmes pédagogiques survenant pendant le processus éducatif (ainsi que leurs problèmes privés). Quant aux étudiants, ces compétences les aident à assimiler de nouvelles connaissances de manière plus efficace et systématique. Ces compétences peuvent également être acquises à l'aide d'une autre formation TRIZ-OTSM, comme la formation basée sur le jeu « Oui-Non ». Cependant, il est également extrêmement important d'intégrer toutes ces compétences segmentées dans un système en faisant des exercices pour toutes les étapes d'ARIZ.

### **3.0.1 Résolution d'un problème : un bref examen des principales étapes du travail avec ARIZ.**

Avec toute approche scientifique, il est nécessaire, en premier lieu, de sélectionner et de créer un modèle de description du problème. Cela signifie qu'une description de situation initiale doit être transformée en un modèle de cette situation, formulé d'une certaine manière en fonction de règles distinctes. Cela entraîne l'apparition du modèle de la situation problématique initiale décrite à travers une contradiction à résoudre.

La transition d'une description initiale d'une situation problématique vers la description d'un modèle de problème se fait de la même manière qu'en physique ou en mathématiques : il est nécessaire d'essayer de reformuler la situation sous une forme canonique, qui est ensuite analysée lors de la production de la solution. Il est important de noter que dans le processus de travail avec ARIZ – ainsi qu'avec TRIZ Classique et OTSM – l'idée d'une solution conceptuelle n'est pas recherchée par hasard, mais construite, étape après étape, dans le processus de l'analyse de situation problématique et de la synthèse d'un concept de solution acceptable (Solution Conceptuelle Satisfaisante). C'est l'une des principales différences entre TRIZ Classique et OTSM, et de nombreuses autres méthodes permettant de résoudre des problèmes compliqués, non typiques et créatifs.

La transformation d'un problème initial en un modèle peut réduire le problème en un problème typique, standard (du point de vue de TRIZ) dont la solution est déjà connue dans sa forme générale. Ensuite, après la construction d'un modèle d'une situation problématique à la fin de la première partie d'ARIZ-85, on effectue la transition vers le système de solutions inventives standard. Actuellement, ce système comporte 76 situations problématiques standard. Si, pour une raison ou une autre, les solutions standard connues ne sont pas adaptées à notre situation spécifique, la situation continue à être analysée avec ARIZ. Si l'analyse approfondie mène à une solution satisfaisante, elle devrait être convertie en solution typique standard prenant en compte les particularités de situations spécifiques similaires. Dans les grandes lignes, c'est comme cela que la collection de Solutions Inventives Standards de TRIZ Classique a été créée.

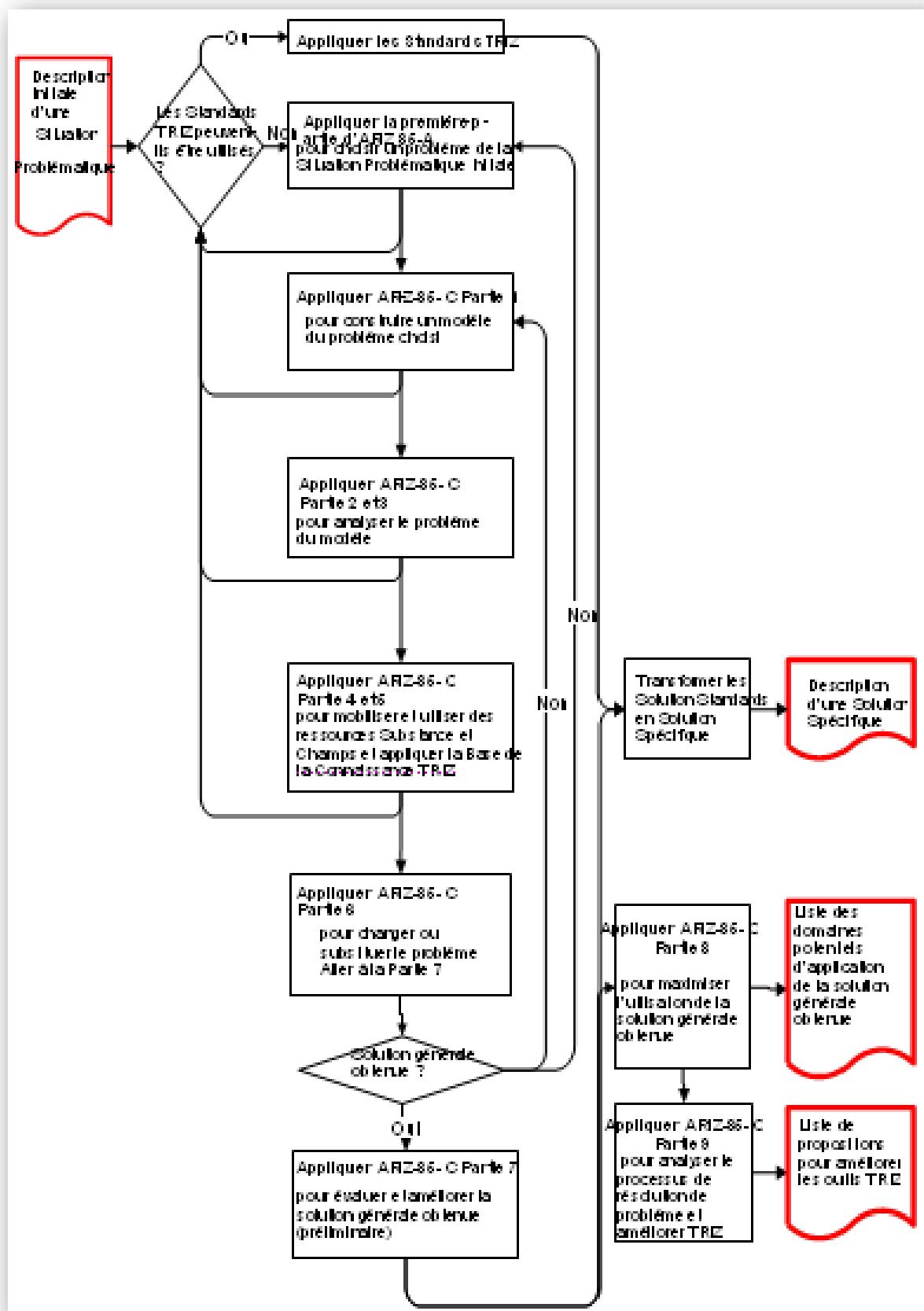


Fig. 1 Le schéma des étapes de l'analyse des problèmes avec ARIZ.

### **3.1 La Première Étape : construire un modèle de problème et utiliser des solutions inventives standard**

#### **3.1.1 Solutions inventives**

Sélectionner un problème parmi une série de problèmes contenus dans une situation problématique initiale ne fait pas partie des tâches d'ARIZ Classique. Dans la technologie OTSM de « Contradiction » basée sur ARIZ, l'Analyse Expressive d'une situation initiale est utilisée à ces fins. Elle s'applique efficacement à des situations problématiques comparativement simples. Pour des situations plus compliquées, il convient d'utiliser les outils de la technologie OTSM « Nouveau Problème ».

Le but de la première partie d'ARIZ est de créer un modèle du problème à résoudre. À la fin de la première partie, le problème sélectionné à partir de la situation initiale est formulé sous la forme d'une contradiction technique – une contradiction qui décrit un conflit entre deux paramètres utilisés pour l'évaluation de la qualité d'un système donné (paramètres d'évaluation). Par conséquent, les Contradictions Techniques dans OTSM s'appellent « contradiction d'un système spécifique », ce qui signifie qu'un système donné est confronté à un conflit entre deux paramètres importants au cours de son évolution.

Exemple : il y a un système « joint en caoutchouc par lequel passe un arbre rotatif ». Plus le joint est serré contre l'arbre, meilleure est la propriété de scellage. Cependant, cela cause une importante perte d'énergie causée par la friction entre l'arbre et le joint. Nous avons donc un conflit entre deux paramètres qui sont importants dans l'évaluation du système spécifique « Joint d'Arbre Rotatif ».



Dans OTSM, ces contradictions décrivent des conflits entre des paramètres de systèmes non techniques (systèmes scientifiques, du domaine de la gestion ou du commerce, systèmes sociaux, économiques, etc.).

Exemple : pour résoudre efficacement un problème, une solution typique attire un grand nombre d'employés disposant de connaissances dans divers domaines. Cependant, ces personnes ne comprennent souvent pas les problèmes les uns des autres en raison d'un manque de connaissances dans d'autres domaines. Les réunions deviennent inefficaces ; le problème n'est pas résolu.



Ici, nous utilisons le système « Équipe de Travail » où un conflit intervient entre les paramètres « Degré de compétence en sciences alliées » et « Efficacité de la discussion sur les divers aspects d'une situation problématique ».

Lorsque l'identification des contradictions pour la première partie d'ARIZ est difficile dans certaines situations, il est recommandé d'utiliser les méthodes de la Technologie OTSM « Nouveau Problème ». Dans des cas comparativement simples, vous pouvez également recourir à l'Analyse Expressive de la situation problématique initiale développée dans la Technologie OTSM de « Contradiction ». Pour des situations plus compliquées, il est possible employer l'outil OTSM « Réseau de Problème ». Cet outil permet une analyse plus détaillée d'une situation problématique compliquée ainsi que l'identification des problèmes-clés qui doivent être résolus dans un premier temps. Il peut être utile d'appliquer une Analyse Expressive à de tels problèmes afin d'obtenir une formulation précise de la première étape d'ARIZ. Appliquer l'Analyse Expressive OTSM requiert une connaissance additionnelle de la notion de système minimal.

Réaliser les premières étapes ARIZ-85-C sur la base de commentaires OTSM mène à un modèle de problème qui sera analysé de manière approfondie. Mais avant de passer à la seconde partie de l'algorithme, il est nécessaire de voir si les standards inventifs de TRIZ Classique peuvent être utilisés.

Après la transformation de la description d'une situation problématique initiale en un modèle

de problème, seuls les composants les plus importants – responsables de la création de la situation problématique – demeurent dans la description du modèle. Par conséquent, il devient plus aisément de donner à la description du problème une forme permettant l'application de solutions inventives standard listées dans TRIZ Classique.

### **3.1.2 La Deuxième Étape : analyser les ressources disponibles**

La deuxième partie d'ARIZ est conçue pour analyser le modèle de problème obtenu et préparer l'indentification de contradictions profondes inhérentes au problème. Pour être plus exact, cette partie est conçue pour analyser les ressources pouvant potentiellement être utilisées pour la résolution du problème, en particulier les ressources de place, temps, « substances » et « champs ». Tester partiellement est également une manière d'appliquer certains mécanismes standards en contournant ou résolvant entièrement des contradictions.

Tout comme la première partie d'ARIZ, la deuxième partie contient certains mécanismes visant à lever l'inertie psychologique.

### **3.1.3 La Troisième Étape : construire une idée de solution satisfaisante en analysant les RFI et les Contradictions Physiques liées aux ressources spécifiques**

ARIZ est conçu pour révéler les racines profondes d'un problème et les supprimer à l'aide des ressources disponibles dans une situation problématique spécifique. Dans la troisième partie de l'Algorithme, la description d'un résultat désiré et des contradictions qui entravent l'obtention de ce résultat continue à être développée.

Le Premier Objectif de la troisième partie d'ARIZ est de spécifier le modèle de problème obtenu dans la première partie. Cet objectif est atteint par l'utilisation de l'information additionnelle obtenue par l'analyse du modèle effectuée dans la deuxième partie de l'Algorithme. Ce modèle, nouveau et spécifié, est construit selon différentes règles et se distingue fondamentalement du modèle produit dans la première partie.

Dans cette partie, il est nécessaire de déterminer quel résultat peut être considéré comme une solution au problème et d'identifier les nombreuses contradictions qui empêchent l'utilisation des ressources disponibles pour l'obtention du résultat désiré.

Le second objectif de cette partie est d'obtenir des solutions partielles qui seront utilisées pour l'assemblage d'une solution conceptuelle pour l'ensemble du problème. Les solutions partielles obtenues sont intégrées dans un système unique de solutions fournissant l'approche maximale du résultat le plus désiré. Le principe consistant à lever les contradictions physiques et les mécanismes de convolution du système est utilisé à cette fin.

Généralement, à partir de la troisième partie, le nombre de solutions partielles obtenues commence à croître et de nouvelles solutions finales sont formulées. Dans une telle situation, la tentation est grande de clore le processus de recherche de solutions.

Cependant, les règles de l'Algorithme recommandent de passer par toutes les étapes d'ARIZ car celles-ci contribuent à obtenir des idées additionnelles, à étayer une solution trouvée ou à détecter certaines façons de résoudre le problème qui pourraient correspondre aux étapes plus avancées de l'évolution du système.

L'exécution de la troisième partie de l'Algorithme modifie à nouveau fondamentalement notre idée de la situation problématique. Cela se passe à l'étape 3.5 de l'Algorithme. Par conséquent, la dernière phase de cette étape nous renvoie une fois de plus au système de solutions inventives standard.

### **3.1.4 La Quatrième Étape : mobiliser les ressources**

La quatrième partie d'ARIZ est conçue pour nous aider à comprendre comment les ressources disponibles peuvent être utilisées pour résoudre le problème tel que défini dans la troisième partie de l'algorithme et pour augmenter le niveau d'efficacité des solutions déjà trouvées.

La quatrième partie comprend une série d'opérateurs dont l'objectif est d'obtenir une version qui serait plus développée du point de vue de la théorie de l'évolution du système.

Si une des solutions obtenues nous convient, nous pouvons passer à la septième partie d'ARIZ pour une évaluation préliminaire des solutions en fonction des règles ARIZ.

Si au contraire, aucune solution satisfaisante n'a été trouvée, l'analyse continue selon la cinquième partie de l'Algorithme.

### **3.1.5 La Cinquième Étape : utiliser la connaissance accumulée dans TRIZ**

La cinquième partie propose un résolveur qui se réfère à la collection des divers outils TRIZ décrivant des solutions standard de différentes manières : le Système de Standards Inventifs ; les principes de résolution de contradictions physiques ; les pointeurs d'effet.

Si l'utilisation de la base de données n'a pas produit de solution satisfaisante, il est nécessaire de passer à la sixième partie d'ARIZ.

### **3.1.6 La Sixième Étape : modifier et/ou corriger la description du problème initial**

La sixième partie de l'Algorithme formule des recommandations concernant la modification ou la correction d'une définition de problème ou d'un modèle de problème préalablement à une nouvelle analyse à partir de la première partie d'ARIZ.

### **3.1.7 La Septième Étape : évaluer les solutions obtenues**

La septième partie d'ARIZ comprend des règles pour évaluer les solutions du point de vue de TRIZ et pour étayer les solutions obtenues.

Mais il s'agit d'une évaluation préliminaire. Au cours de cette évaluation, de nouvelles idées spécifiant ou améliorant la solution obtenue peuvent apparaître

Parfois, résoudre un problème avec ARIZ permet de surmonter les stéréotypes des professionnels et entraîne les personnes confrontées à un problème au-delà des limites de leurs compétences professionnelles. C'est pourquoi il est nécessaire de consulter les spécialistes adéquats pour l'évaluation des solutions obtenues.

Si une solution a été acceptée, il peut être conseillé de discuter avec des ingénieurs brevet de la possibilité de déposer une demande de brevet.

### **3.1.8 La Huitième Étape : élargir la portée de l'application et standardiser une solution créative**

La huitième partie d'ARIZ est destinée à préparer la mise en œuvre d'une solution finale et de vérifier si cette solution peut être appliquée à d'autres problèmes, y compris à ceux des différents domaines.

Cela permet de donner à la solution une forme standard plus généralisée pour une application pratique ultérieure. Cette partie est également nécessaire pour fournir une meilleure protection à votre solution en matière de brevet (créer un parapluie anti-brevet).

De plus, cette partie contribue à l'amélioration de l'efficacité de la solution et à la génération d'un bénéfice additionnel grâce à sa mise en œuvre.

### **3.1.9 La Neuvième Étape : réflexion sur le travail réalisé**

La neuvième étape d'ARIZ aide à mieux comprendre le cœur du travail réalisé. Le but de cette étape est d'apprendre autant de choses que possible dans le domaine de la résolution de problème et ainsi d'augmenter le potentiel créatif d'un individu ou d'une équipe.

Cette étape est conçue pour développer les compétences de réflexion sur le travail réalisé. En principe, chaque étape d'ARIZ devrait être suivie d'une réflexion sur la manière dont cette étape a été réalisée, sur les difficultés rencontrées lors de la réalisation de cette étape, sur les difficultés surmontées, sur la précision avec laquelle les recommandations ARIZ ont été suivies, sur le fait de savoir si le travail réalisé diffère de ce qui est recommandé par ARIZ et sur

les raisons pour lesquelles de telles différences sont apparues.

Les réponses à ces questions développent les compétences de réflexion et facilitent la compréhension du processus de résolution de problème avec ARIZ lors de l'étape d'assimilation de l'Algorithmme à l'aide des exemples des problèmes d'entraînement. Dans le cadre de l'application professionnelle d'ARIZ et de la résolution de problèmes réels, elles facilitent le développement plus avant d'ARIZ lui-même et l'amélioration de son efficacité pour la résolution de problèmes nouveaux et de plus en plus compliqués.

En conclusion, il convient de noter que la compétence de réflexion est l'une des plus importantes compétences de pensée en général, et ce, pas uniquement dans le cadre des outils de TRIZ Classique et d'OTSM. La neuvième partie d'ARIZ nous permet de développer cette compétence de pensée fondamentale.

## La liste des étapes d'ARIZ

Les sections précédentes décrivent brièvement chaque partie d'ARIZ à chaque stade du travail sur un problème.

Vous trouverez ci-dessous la liste des étapes de l'Algorithmme. Nous vous montrerons comment ces étapes ont été réalisées dans le cadre de la résolution d'un problème.

### **Partie 1 : Analyser le problème et créer un modèle**

- Étape 1.1. Décrire une condition problématique.
- Étape 1.2. Identifier les éléments conflictuels d'un système.
- Étape 1.3. Créer un schéma graphique d'un système de conflits.
- Étape 1.4. Sélectionner un modèle graphique d'un système.
- Étape 1.5. Aggraver le conflit principal.
- Étape 1.6. Formuler un modèle de problème.
- Étape 1.7. Chercher une solution standard.

### **Partie 2 : Analyser le modèle de problème**

- Étape 2.1. Analyser la zone opérationnelle.
- Étape 2.2. Analyser le temps opérationnel.
- Étape 2.3. Analyser les ressources Su-field.

### **Partie 3 : Définir le résultat final idéal (RFI) et les contradictions physiques qui empêchent l'obtention du RFI.**

- Étape 3.1. Formuler un résultat final idéal (RFI-1).
- Étape 3.2. Intensifier la définition de RFI-1.
- Étape 3.3. Une contradiction physique (CP) à un macro-niveau.
- Étape 3.4. Une contradiction physique à un micro-niveau.
- Étape 3.5. Formuler un résultat final idéal (RFI-2) pour différentes ressources et spécifier le problème initial.
- Étape 3.6. Utiliser le système de standards (76 solutions standard à des problèmes inventifs utilisant un modèle Su-field).

### **Partie 4 : Mobiliser les ressources**

- Étape 4.1. Modéliser un problème avec des « petites créatures »
- Étape 4.2. Utiliser une méthode « un stade avant RFI ».
- Étape 4.3. Utiliser un mix de ressources disponibles.
- Étape 4.4. Introduire des vides de différents types dans les ressources disponibles.
- Étape 4.5. Utiliser des substances dérivées des ressources disponibles.
- Étape 4.6. Vérifier si un problème peut être résolu en remplaçant une certaine substance par un champ électrique ou une interaction entre deux champs électriques.
- Étape 4.7. Vérifier si un problème peut être résolu en introduisant une paire « additif champ répondant à un champ ».

## Partie 7 : Vérifier la méthode consistant à supprimer une contradiction physique.

Étape 7.1. Vérifier une réponse

Étape 7.2. Évaluation préliminaire de la solution obtenue.

Étape 7.3. Vérifier l'absence de l'invention dans la liste des brevets.

Étape 7.4. Évaluation de sous-problèmes survenant lors de la mise en œuvre.

## Partie 8 : Utiliser une solution obtenue.

## Partie 9 : Analyser la procédure de résolution.

### 3.2 Rapide Examen de l'Algorithme de Résolution de Problèmes Inventifs (ARIZ) d'Altshuller Illustré par l'Analyse d'un Problème Réel.

{voir également fichier “00 CE50....” en tant que première partie}

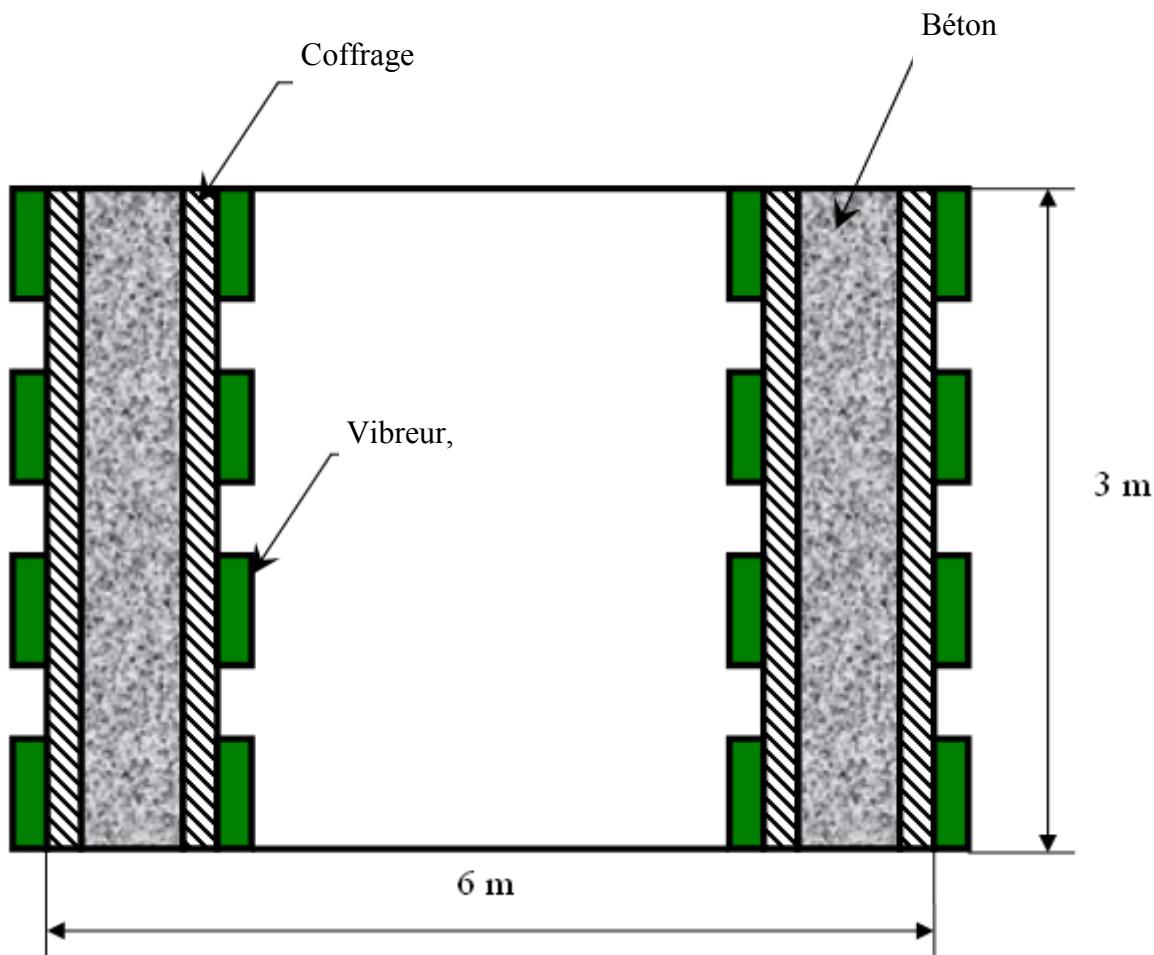
#### Exemple de résolution d'un problème avec ARIZ

Nous avons décrit ci-dessus le rôle de chacune des neuf parties d'ARIZ. Nous allons maintenant décrire les objectifs de chaque étape qui constituent l'algorithme. Pour cela, nous allons utiliser un problème réel résolu avec TRIZ.



#### Description du problème initial

Pour créer des conduits en béton de grand diamètre (jusqu'à 6 m de diamètre), un mélange de béton est versé dans un double coffrage en acier (voir Figure 1).



Pour améliorer la qualité du conduit, le mélange est soumis à un traitement par vibration à l'aide de vibreurs fixés au coffrage. Le principe de fonctionnement du vibreur est très simple : c'est un volant excentré placé sur un arbre de transmission de moteur. Lorsque le moteur tourne, le volant excentré « cogne » contre le coffrage, ce qui crée des vibrations qui sont trans-

mises du coffrage au béton.

Au niveau du processus de production, le vibreur remplit suffisamment bien sa fonction. Le seul inconvénient de ce système est le niveau élevé de bruit qu'il génère, qui peut atteindre celui d'un réacteur d'avion. Comment peut-on éliminer cet inconvénient en introduisant des modifications minimales au système existant et en utilisant un minimum de ressources externes et un maximum de ressources internes disponibles au sein du système ou dans l'environnement proche ?

En termes de TRIZ Classique, la formulation d'un problème est appelée un mini-problème. Un mini-problème est caractérisé par le fait qu'il contient un maximum de restrictions concernant l'introduction de nouveaux composants. La règle générale pour la définition d'un mini-problème est : « Tout doit rester comme c'est, mais les inconvénients doivent disparaître ».

À l'inverse, un maxi-problème tolère tout changement, jusqu'à un changement radical du système lui-même ou son remplacement par un système différent ne présentant pas les effets indésirables mentionnés.

Ainsi, les solutions peuvent être classées en fonction des limites qui encadrent la résolution d'un problème, des limitations maximales d'un mini-problème aux limitations minimales d'un maxi-problème.

Il est évident que la technologie avancée récente du béton auto-compacting ne requiert pas l'utilisation de vibreurs et il s'agit là d'une solution différente de celle décrite dans l'article. Cependant, résoudre le problème grâce à du béton auto-compacting n'est pas une solution de mini-problème car cela requiert davantage de changements et de recherches avancées que ce qui est nécessaire pour la solution proposée.



L'idée de ce type de béton avait été avancée au tout début du processus de résolution de problème. Cependant, à ce moment, la création d'un tel béton était un important problème de recherche et requérirait beaucoup de temps. Il nous faut également mentionner que le problème est survenu dans une usine de production et qu'il devait être réglé rapidement, à l'aide de moyens disponibles et à un prix acceptable.

Et finalement, nous aimerions rappeler à nos lecteurs que cet exemple a été écrit par un expert TRIZ qui n'est pas expert dans le domaine de la construction. Cet exemple est donc transparent, non seulement pour les spécialistes du domaine donné, mais également pour le public général.

### 3.2.1 Partie 1 : Analyser le problème et créer un modèle

Étape 1.1 Décrire la condition du problème

1.1.1 Une brève description du système technique, de sa désignation et de ses composants de base

Le système technique donné sert à produire des conduits en béton. Il comporte un double coffrage concentrique en acier (dans lequel le mélange de béton est versé) et des vibreurs (qui cognent contre le coffrage pour augmenter la densité du béton et supprimer les vides d'air qui se forment lorsque le béton est versé dans le coffrage).

1.1.2 Un système de contradictions

Du point de vue de TRIZ, tout problème est compliqué parce qu'il comporte une contradiction cachée ou apparente. Pour résoudre un problème, il est nécessaire d'identifier la contradiction et de décrire le problème de manière à contourner ou éliminer la contradiction révélée.

Ainsi, pour commencer, il est nécessaire d'identifier une contradiction qui pose un problème. Dans TRIZ, décrire un problème correctement signifie trouver cette contradiction et la définir de la manière la plus claire possible en suivant certaines règles. Il est possible, pour cela, d'utiliser l'Analyse Express OTSM pour l'analyse de la situation problématique. Dans certains cas relativement simples, ARIZ peut néanmoins être appliquée immédiatement à la situation problé-

matique. Pour cela, ARIZ comprend un système de contradictions techniques appelées CT-1 et CT-2.

Une description correcte du système de contradictions permet de comprendre quels paramètres utilisés pour l'évaluation des propriétés d'un système donné sont liés à la contradiction : deux paramètres d'un système technique étudié (Paramètre d'Évaluation 1 et Paramètre d'Évaluation 2) sont reliés par un troisième paramètre qui peut être utilisé pour changer les valeurs des Paramètres d'Évaluation. Ce paramètre est appelé Paramètre de Contrôle car changer ses valeurs permet de contrôler (Paramètres de Contrôle) les Paramètres d'Évaluation.

Lorsque l'on formule CT-1 et CT-2, il est important d'identifier l'élément auquel appartient le paramètre de contrôle qui relie les deux Paramètres d'Évaluation. Ce lien est caractérisé par le fait qu'améliorer le Paramètre d'Évaluation 1 détériore le Paramètre d'Évaluation 2, et vice versa.

Nous n'allons pas décrire le processus de situation initiale en détail, mais directement donner un système de contradiction.

*CT-1 :*

*Si la force de vibration (Paramètre de Contrôle 3) des vibreurs (élément E) est grande (valeur du Paramètre de Contrôle 3), la densité et l'homogénéité du béton (Paramètre d'Évaluation 2) sont élevées (la valeur du Paramètre d'Évaluation 2 est positive), mais le niveau sonore (Paramètre d'Évaluation 1) est très élevé (la valeur du Paramètre d'Évaluation 1 est négative).*



*CT-2 :*

*Si la force de vibration (Paramètre de Contrôle 3) des vibreurs (élément E) n'est pas grande (valeur opposée au Paramètre de Contrôle 3 indiqué dans CT-1), alors le niveau sonore (Paramètre d'Évaluation 1) peut être réduit (la valeur du Paramètre d'Évaluation 1 est positive), mais la densité et l'homogénéité du béton (Paramètre d'Évaluation 2) sont réduites (la valeur du Paramètre d'Évaluation 2 est négative).*



Paramètre 1 - Évaluation	Niveau sonore
Paramètre 2 - Évaluation	Densité et homogénéité du béton
Paramètre 3 - Contrôle	Force de vibration

Il convient de noter que le regroupement en paramètres de contrôle et d'évaluation est absent dans TRIZ Classique. Il a été introduit dans le cadre d'OTSM pour distinguer clairement les rôles des paramètres au cours de l'analyse de situations problématiques compliquées lorsque un seul et même paramètre joue plusieurs rôles. Par ailleurs, dans le processus d'analyse de problèmes relativement simples avec ARIZ, la nécessité apparaît tout de même d'introduire de nouveaux paramètres de contrôle pouvant servir d'alternative au paramètre donné.



Il est important de comprendre que les Paramètres d'Évaluation sélectionnés à l'Étape 1.1 demeurent inchangés pendant toute l'analyse du problème. Ils peuvent uniquement être spécifiés. Cependant, la liste des paramètres peut être étendue pendant l'analyse du problème dans la troisième partie de l'Algorithmme.

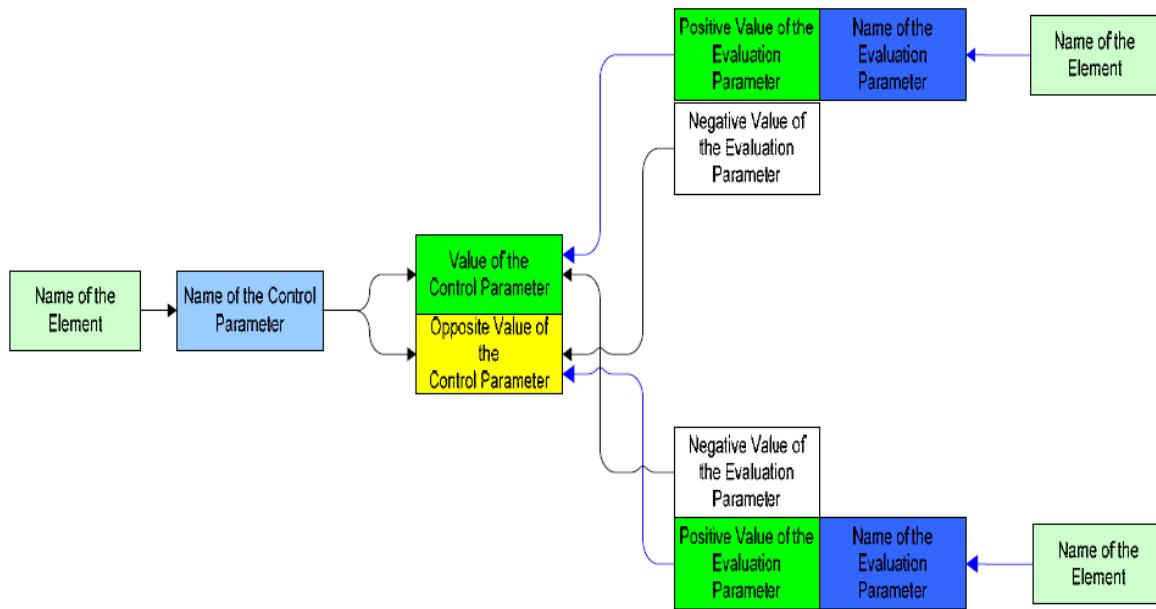


Fig. 2. Le schéma ENV OTSM du système de contradictions.

*Traduction de la figure 2*

*Nom de l'Élément – Nom du Paramètre de Contrôle – Valeur du Paramètre de Contrôle / Valeur Opposée du Paramètre de Contrôle – Valeur Positive du Paramètre d'Évaluation / Valeur Négative du Paramètre d'Évaluation – Nom du Paramètre d'Évaluation – Nom de l'Élément - Valeur Négative du Paramètre d'Évaluation / Valeur Positive du Paramètre d'Évaluation – Nom du Paramètre d'Évaluation – Nom de l'Élément*

Si le système de contradictions est correctement construit et le modèle correctement défini, cela suffit à assembler les valeurs positives des Paramètres d'Évaluation 1 et 2 du modèle du système de contradiction (voir Fig. 2).

#### La définition du résultat désiré :

Pour résoudre le problème, il est nécessaire de fournir une haute densité et une grande homogénéité du béton (la valeur du Paramètre 2 est positive) tout en préservant le faible niveau sonore (la valeur du Paramètre 1 est positive).



Il est crucial de comprendre les lois du domaine du sujet (physiques ou autres) qui relient les paramètres du système (les paramètres d'évaluation 1 et 2 mentionnés ci-dessus).

En termes de TRIZ classique ou d'OTSM, la loi est une relation qui apparaît régulièrement entre des paramètres, des phénomènes ou des événements. Si l'un des événements intervient, l'autre suit naturellement. Si la valeur de l'un des paramètres change, alors les valeurs des autres paramètres liés à ce paramètre changent également.

Si la première étape d'ARIZ entraîne des difficultés dans la gestion de certains problèmes, il est recommandé d'utiliser l'Analyse Express OTSM pour transformer la situation problématique initiale en un schéma ENV OTSM de système de contradictions.

#### Étape 1.2 Identifier les éléments conflictuels d'un système

L'objectif de cette étape est d'identifier les éléments du système qui relient les paramètres positifs et négatifs décrits à l'étape 1.1 à l'aide de relations de cause à effet et de lois.

Les étapes ARIZ sont étroitement liées les unes aux autres, et chaque étape est toujours une continuation logique de la précédente. L'absence d'une telle interrelation signifie qu'une erreur logique a été faite et qu'il est nécessaire de revoir les étapes précédentes afin de trouver et de

corriger cette erreur dans l'analyse. Lorsqu'une analyse est effectuée correctement, chaque nouvelle étape résulte logiquement de toutes les étapes précédentes.

Si la première étape a été réalisée avec l'Analyse Express OTSM de la situation problématique, alors le résultat de l'étape 1.2 doit correspondre au schéma du système positif obtenu en tant que résultat de l'analyse expresse.

Les deux éléments conflictuels sont l'outil et le produit.

Le produit est l'élément qui doit être traité (produit, déplacé, modifié, amélioré, protégé d'une influence néfaste, révélé, mesuré, etc.) en fonction des conditions du problème. Pour des problèmes concernant la détection et la mesure, certains éléments peuvent être considérés comme des outils (selon leur fonction de base) ou bien comme des produits (par ex. un capteur reçoit une fonction de la source du signal, c'est donc un produit, pas un outil).

L'outil est un élément qui interagit directement avec le produit (par ex. la fraise plutôt que la fraiseuse ; le feu plutôt que le brûleur). En particulier, une partie de l'environnement peut être considérée comme un outil. Les pièces standard utilisées pour fabriquer le produit peuvent également être considérées comme des outils (par ex. Mecano est un outil pour créer divers « produits »).

Un des éléments de la paire conflictuelle peut être doublé. Par exemple, on considère deux outils différents qui doivent agir simultanément sur le produit, mais l'un des outils interfère avec l'autre. Ou bien, on considère deux produits fabriqués avec le même outil, mais un produit interfère avec l'autre.

Pour notre exemple, il est possible d'identifier les participants suivants à la situation problématique en tant que produit et outil:

#### ***Produit : mélange de produit***

Il nous faut produire un mélange de béton plus dense. Cela signifie que la performance de cette fonction doit entraîner une densité accrue du béton.

#### ***Outil : vibreur et coffrage***

Le coffrage interagit directement avec le béton, mais le coffrage lui-même ne peut pas causer la vibration du béton. C'est pourquoi, conformément aux règles ARIZ, nous considérons le double outil « coffrage + vibreur ».

L'outil vibre et compacte le mélange de béton, ce qui est sa fonction principale. Cependant, un produit néfaste (indésirable) – le bruit – apparaît pendant cette opération. Il doit être supprimé sans entraver la performance de la fonction principale de l'outil. L'apparition d'un fort bruit est un phénomène secondaire. Dans cette situation, il est à nouveau considéré comme indésirable. C'est pourquoi, pour résoudre le problème, ce phénomène doit être supprimé.

Pour compléter cette étape, il est nécessaire de formuler ce que le système doit faire, ou, en d'autres termes, formuler sa fonction. Pour décrire la fonction, TRIZ OTSM recommande d'utiliser un groupe de synonymes. Cela aide à surmonter l'inertie psychologique causée par la terminologie professionnelle. D'ailleurs, il s'agit ici d'une des règles générales de TRIZ Classique, qui dit que tous les termes spéciaux doivent être remplacés par des mots ordinaires utilisés dans la vie quotidienne. Cela force la personne qui résout le problème à examiner le phénomène à partir de différents angles et de mieux comprendre ce que le système analysé doit faire exactement.

Un outil encore plus efficace pour lever l'inertie psychologique causée par les termes et pour déterminer la fonction encore plus précisément est l'Algorithme de Description de la Fonction en Trois Étapes construit sur le modèle OTSM. Nous n'allons cependant pas le décrire dans le présent livre.





Pour ce qui est de l'utilisation d'ARIZ, il est important qu'un enseignant veille à enseigner à ses étudiants à effectuer une auto-vérification des étapes réalisées. C'est l'une des compétences importantes de réflexion dans la résolution de problèmes compliqués. Apprendre aux étudiants à effectuer une auto-vérification de la qualité de réalisation des étapes est étroitement lié aux différents modèles, postulats et outils de TRIZ-OTSM. Plus la connaissance qu'ont les étudiants du complexe global des bases théoriques et des outils pratiques de TRIZ OTSM est vaste et profonde, plus il est facile de contrôler la qualité des étapes qu'ils réalisent et plus la qualité du processus complet de résolution de problème est élevée.

Par exemple, lorsque l'on contrôle la qualité de la réalisation de l'Étape 1.2, il est utile de comparer le résultat obtenu à la description du système de l'Étape 1.1. Si la personne qui résout le problème connaît l'Algorithme de Description de la Fonction en Trois Étapes, alors il peut être utile d'utiliser cette méthode pour déterminer un produit.

Mais si l'Analyse Express OTSM d'une situation problématique a été effectuée, alors il serait utile de s'arrêter à l'Étape 1.2 et de vérifier dans quelle mesure cette Étape d'ARIZ correspond aux modèles obtenus au cours de l'Analyse Express.

Le processus de vérification de la logique de réalisation des étapes d'ARIZ est souvent similaire au processus de vérification des résultats de calculs en mathématiques : il faut réaliser le calcul par une autre méthode et comparer les résultats. Cette vérification est souvent effectuée à l'aide de l'étape suivante.

### Étape 1.3 Créer un schéma graphique d'un système de conflits

L'objectif de cette étape est d'analyser le caractère approprié et l'unité logique des étapes précédemment réalisées. Un modèle graphique décrivant le problème est créé pour cela au cours de l'analyse.

Représenter le texte qui décrit un conflit de l'Étape 1.1 sous forme de modèles graphiques (voir chapitre sur la modélisation Su-Field) est un des mécanismes inhérents à ARIZ utilisés pour surmonter l'inertie psychologique. Pour réaliser cette opération, d'autres mécanismes de notre réflexion consciente ou inconsciente sont utilisés. D'après des chercheurs qui étudient l'activité du cerveau, ce sont des parties différentes du cerveau qui sont généralement responsables du texte et de la représentation graphique. C'est pourquoi, représenter un conflit par un schéma graphique et par le texte est utile pour l'auto-vérification de la qualité de notre travail.

Généralement, après deux ou trois étapes d'ARIZ, il est nécessaire de repenser et de vérifier le travail effectué et de résumer les étapes. Si les étapes se suivent de manière logique et qu'elles ne sont pas en contradiction les unes avec les autres, vous pouvez passer à l'étape suivante.

Mais si la logique entre les étapes précédentes et l'étape en cours de réalisation à un moment donné est rompue, si la logique formelle est rompue, c'est un signal qui montre que nous devons réfléchir davantage à la raison de cette cassure.

Dans notre exemple, il est nécessaire de comparer les modèles graphiques du conflit obtenus à l'Étape 1.3 avec la description sous forme de texte et avec le schéma ENV des conflits (diagramme) obtenu à l'Étape 1.1. Dans les schémas graphiques, comme à l'Étape 1.1, les paramètres d'évaluation Bruit, Intensité, Qualité (densité et homogénéité) du Béton sont en conflit les uns avec les autres. Le nom du paramètre d'évaluation « Densité et Homogénéité » du Béton donné dans le texte est changé en paramètre « Qualité » sur la représentation graphique. La notion de « qualité » dépend de nombreux paramètres d'évaluation et prend différentes significations, en fonction de la situation, pour un seul et même produit ou service; ainsi, cette notion est simple à utiliser en la remplaçant par des critères et des paramètres d'évaluation plus spécifiques. Cependant, cela réduit souvent l'efficacité de l'analyse. Il est généralement conseillé d'éviter des termes larges et d'indiquer des paramètres d'évaluation spécifiques utilisés pour évaluer la qualité de la réalisation d'une fonction.

Notez que les schémas de conflit doivent inclure à la fois le produit et l'outil identifiés à l'Étape 1.2. Le béton et le coffrage à vibration sont présents sur les schémas graphiques.

Pour conclure, il convient de dire que les schémas graphiques peuvent être exécutés d'une manière arbitraire, ce qui est pratique pour les personnes confrontées au problème. La condition principale est la correspondance logique avec toutes les étapes réalisées précédemment : il doit y avoir une corrélation avec la description des conflits sous forme de texte et les mêmes Produits et Outils doivent apparaître dans les descriptions graphiques et textuelles des conflits.

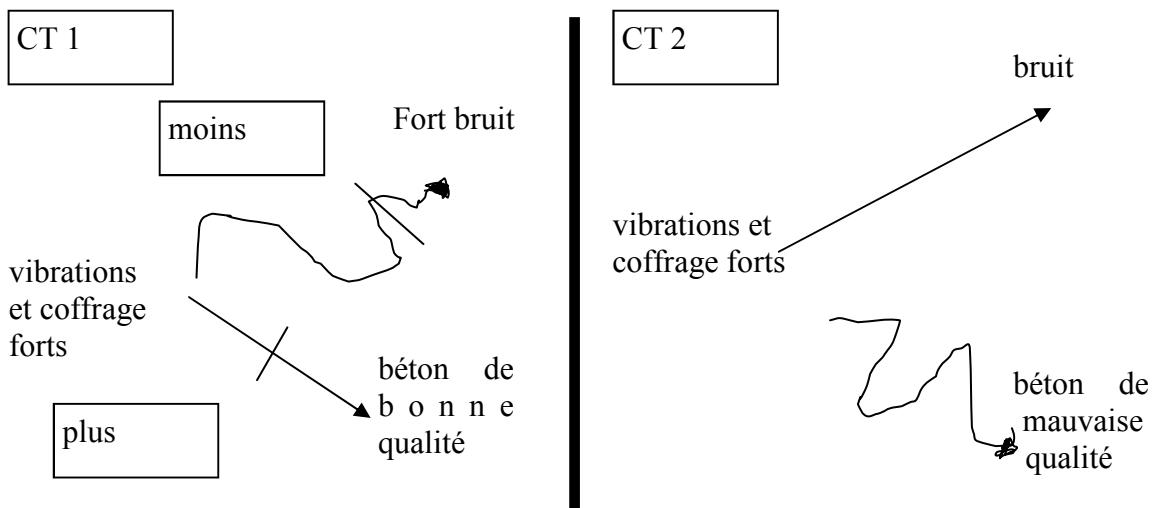


Figure 3 : Modèles graphiques du problème.

#### Étape 1.4 Sélectionner un modèle graphique d'un système

Pour construire un modèle de problème, nous devons sélectionner un des conflits révélés.

Pour prendre la bonne décision, TRIZ OTSM suggère de tenir compte de la hiérarchie des objectifs du système auquel appartient la fonction du système étudié.

Une telle approche permet une meilleure compréhension de ce qu'est exactement le principal processus de production en termes de TRIZ Classique. Selon les règles d'ARIZ, deux modèles graphiques, qui peuvent potentiellement améliorer la réalisation du Principal Processus de Production, devraient être sélectionnés.

Les débutants en TRIZ confondent souvent la fonction principale d'un système avec le principal processus de production. Pour éviter cette erreur, il est judicieux de commencer cette étape par la construction d'une hiérarchie d'objectifs. Il convient de noter que la fonction et l'objectif sont généralement considérés comme des synonymes en termes de TRIZ OTSM. En d'autres termes, la fonction du système est considérée comme l'objectif de l'existence du système. Le principal processus de production est l'objectif de l'existence (fonction) d'un certain supersystème auquel appartient un système d'intérêt sous forme d'un de ses sous-systèmes.

TC-2:

Exemple. La Fonction Principale et le Principal Processus de Production.

La fonction du moteur électrique d'un tour est de convertir l'énergie électrique en énergie mécanique de rotation. Ensuite, l'énergie mécanique est utilisée pour faire tourner un bloc de matériau et déplacer une lame dans différentes directions. Par conséquent, le bloc de matériau est façonné pour prendre la forme désirée comme par exemple le cylindre d'un moteur à combustion interne. Ainsi, le Principal Processus de Production est la production de moteurs à combustion interne. La Fonction Principale du « moteur électrique » est de convertir l'électricité en énergie mécanique de rotation.

Pour déterminer le Principal Processus de Production, il est nécessaire de s'élever au moins 3 ou 4 niveaux au-dessus du système analysé.



## 1.4.1 La hiérarchie des objectifs

Nous devons réduire le niveau sonore. Mais le bruit est produit pendant la réalisation de la principale fonction par les vibrateurs.

Les vibrateurs cognent contre le coffrage, produisant ainsi les vibrations dans le béton liquide. Les vibrations générées sont progressivement transmises à l'ensemble de la masse de béton.

Par conséquent, le béton descend, faisant ressortir l'air qui s'y est introduit lorsqu'il a été versé dans le coffrage.

Par conséquent, la qualité des conduits en béton produits par cette entreprise est améliorée. Ces conduits de qualité sont utilisés pour construire des pipelines de tous types.

## 1.4.2 Sélectionner le modèle graphique d'un problème

Selon la hiérarchie des objectifs analysés, la construction de divers systèmes de transport requiert des conduits en béton de haute qualité. C'est pourquoi nous allons utiliser le modèle graphique permettant la production de la meilleure qualité de conduits en béton (haute densité et homogénéité). En d'autres termes, nous allons utiliser le modèle de problème décrit par la contradiction CT-1.

Si l'Étape 1.1 était réalisée à l'aide de l'Analyse Express OTSM de la situation problématique, il serait utile de comparer la hiérarchie des objectifs obtenus à l'Étape 1.4 avec celle obtenue par l'Analyse Express. Si une différence importante apparaît entre les deux, il est nécessaire d'en comprendre les causes et de les éliminer. C'est pour cela que nous avons parfois besoin de revenir au début et de vérifier le déroulement complet de l'analyse, en commençant par le processus de construction de la hiérarchie pendant l'Analyse Express. L'attention de la personne qui résout le problème doit passer de la résolution du problème à la réflexion sur la logique d'analyse employée afin de chercher à comprendre où et pourquoi la logique a été rompue. En effet, cette irrégularité provoque une différence considérable entre les hiérarchies d'objectifs et, par conséquent, une différence dans la détermination du Principal Processus de Production à différents niveaux de l'analyse. Dans de tels cas, il apparaît souvent clairement que la compréhension des particularités de la situation problématique change au cours de l'analyse, ce changement n'étant toutefois pas remarqué. Il est donc nécessaire de répéter le processus d'analyse dans son ensemble, conformément à cette nouvelle compréhension de la situation problématique.

Il convient de noter qu'un problème survient souvent en raison de l'absence d'une compréhension claire de ce qui se passe dans une situation donnée et de la raison pour laquelle certains phénomènes sont considérés comme négatifs. Le processus d'analyse d'une situation problématique avec l'outil TRIZ OTSM vise à mieux comprendre et à supprimer les causes profondes entraînant l'apparition de cette situation problématique. Le processus de résolution de problème est organisé de manière à nous permettre de voir le conflit identifié sous plusieurs angles, comme ce qui se passe lorsque nous examinons une sculpture. Pour une meilleure illustration de ces propos, faisons une analogie avec une caméra vidéo. Lorsque nous analysons un problème, tour à tour, nous nous éloignons pour voir la situation dans son ensemble, et nous nous rapprochons pour voir certains détails. Puis nous nous éloignons à nouveau et changeons de position pour voir le problème sous un autre angle, vérifiant la logique de l'analyse et réfléchissant à des idées de solution qui surgissent du subconscient. En faisant cela, notre vue et notre compréhension du problème sont en permanence modifiées et spécifiées.

Il est important de mentionner ici qu'au cours de l'application des outils de TRIZ Classique et d'OTSM, l'hypothèse initiale de G.S. Altshuller selon laquelle les mécanismes révélés pour la résolution de problèmes techniques étaient également utiles pour la résolution de problèmes non-techniques se confirma. Il est simplement nécessaire d'organiser une coopération efficace entre professionnels TRIZ et experts dans des domaines pointus. Les outils OTSM vont encore plus loin dans ce sens. En pratique, ils ne sont liés à aucun domaine. Que ce soit dans le do-



maine de la technologie ou de la recherche, ou encore en matière de commerce ou d'économie, les outils TRIZ OTSM permettent le traitement efficace de connaissances issues de domaines variés. C'est de connaissance dont nous avons besoin.

Grâce à l'analyse d'une situation problématique avec TRIZ-OTSM, des spécialistes de domaines spécifiques découvrent souvent qu'un problème peut être résolu en mobilisant des connaissances issues d'autres domaines de l'activité humaine. Nos outils nous aident à comprendre quel type de connaissance est nécessaire et déterminent la sphère d'activité dans laquelle cette connaissance est utilisée de la manière la plus fréquente et la plus efficace. Inviter des experts de ce domaine de connaissance peut vous permettre de trouver une solution conceptuelle nécessaire et à développer les idées générales de cette solution jusqu'à un niveau de détail permettant la mise en œuvre de cette solution.

### Exemple de mon expérience pratique récente

Un étudiant du programme de design innovant développait un projet concernant la correspondance de deux tous petits objets en vue de leur futur assemblage. Lui et son collègue étaient tous deux des ingénieurs mécaniques. Puisque la majeure partie de leur connaissance se situait dans ce domaine, ils ne recherchaient qu'une solution mécanique. L'analyse de problème réalisée à l'aide des outils TRIZ OTSM les avait menés à la conclusion que leur problème ne pouvait être résolu qu'en complétant la partie mécanique par une partie optique. Au début, ils étaient troublés parce qu'ils n'ont pas de connaissances en optique. C'est pour cette raison qu'ils n'avaient jamais pensé ou proposé des solutions nécessitant des compétences en-dehors de leur domaine de connaissances. L'entreprise pour laquelle travaillait l'étudiant a trouvé les spécialistes adaptés en optique et, grâce à cela, une demande de brevet a été déposée.



L'exemple ci-dessus, tout comme de nombreux exemples issus de notre expérience pratique, démontre que les outils TRIZ OTSM forcent une personne qui résout un problème à quitter les sentiers battus et à se tourner vers le domaine de l'innovation où des solutions très intéressantes et prometteuses peuvent être trouvées. Cette caractéristique particulière des outils TRIZ OTSM permet aux ingénieurs et autres utilisateurs de créer de nouveaux produits et services plus efficacement et d'organiser les processus économiques d'organisations de manière à augmenter la compétitivité de leur entreprise au sein d'un marché de produits et de services en rapide mutation et de faire en sorte que leur entreprise soit capable de produire constamment, efficacement et au bon moment les innovations nécessaires. Bien entendu, cela requiert des efforts de la part du plus haut niveau de management et une coordination adéquate de ces efforts entre les managers et les professionnels à tous les niveaux. Mais le jeu en vaut la chandelle. Voici un exemple. Samsung Corporation - qui a introduit des éléments TRIZ et OTSM en 1999-2000 - a obtenu la seconde place en ce qui concerne le nombre de brevets enregistrés aux États-Unis, la première place revenant à IBM. Un de mes étudiants employé par IBM m'a dit qu'une telle croissance du potentiel d'innovation de Samsung causait de vives inquiétudes au sein de son entreprise ...

Mais retournons à notre analyse du problème des conduits en béton.

En ayant fixé notre choix sur le processus qui garantit une haute densité et une meilleure homogénéité du béton, nous avons, en même temps, sélectionné un effet indésirable que nous allons éliminer en utilisant toutes les ressources disponibles. L'analyse préliminaire du phénomène indésirable, ainsi que l'analyse des ressources potentiellement disponibles dans la situation problématique initiale seront effectuées dans la deuxième partie d'ARIZ. Lorsque l'on commence par l'Étape 1.4, le phénomène négatif et les ressources disponibles sont toujours analysés parallèlement et simultanément. Après avoir identifié les détails du phénomène indésirable, nous définissons plus clairement quelles ressources peuvent être utilisées pour éliminer ce phénomène (la deuxième partie d'ARIZ). Nous voyons ensuite ce qui nous empêche d'utiliser les ressources disponibles pour supprimer le phénomène indésirable (la troisième partie

d'ARIZ). Les parties 2 et 3 d'ARIZ stimulent systématiquement le travail des mécanismes créatifs subconscients. Les nuances individuelles du phénomène indésirable sont intégrées dans une image plus complète et plus détaillée de l'apparition et de l'évolution de l'effet indésirable sélectionné à l'Étape 1.4. Parallèlement, des solutions conceptuelles surgissent. Elles sont liées à une image plus complète et plus détaillée de la future solution du problème. Dans ce cas, pour produire des solutions, les personnes confrontées au problème peuvent utiliser une variété d'outils qui ne sont pas mentionnés directement dans le texte canonique d'ARIZ. Le texte d'ARIZ est une sorte de stratégie pour l'utilisation d'outils individuels et d'énoncés théoriques de la théorie - en évolution permanente - TRIZ OTSM. Les étapes individuelles d'ARIZ sont des stratagèmes tactiques nécessaires à la réalisation de la stratégie. En fonction du niveau de développement des nouveaux outils et des bases théoriques de TRIZ OTSM, ainsi que du degré de conscience de ces nouveautés, la personne confrontée au problème suit les étapes respectives d'ARIZ pour arriver à une Solution Conceptuelle Satisfaisante.

Mais avant de passer à la deuxième partie d'ARIZ, nous devonsachever le processus de construction du modèle de situation problématique. L'Étape 1.5 fait de TRIZ OTSM quelque chose de similaire au karaté. G.S. Altshuller avait même appelé TRIZ Classique un karaté mental. Pourquoi ? Nous répondrons à cette question à l'étape suivante.

### Étape 1.5 Intensifier un conflit

TRIZ Classique et OTSM font apparaître, avec un niveau élevé de précision, la direction à prendre pour trouver une solution. Cependant, pour se déplacer dans le labyrinthe d'un problème, connaître la direction n'est pas suffisant. Il est également nécessaire d'avoir un « moyen de transport » permettant le déplacement dans la direction indiquée. Ce moyen est souvent la connaissance dans un domaine scientifique. Un des avantages des outils de TRIZ Classique est qu'ils ne montrent pas seulement la bonne direction, mais qu'ils aident également à choisir un « moyen de transport ».

En d'autres termes, ils nous permettent de sélectionner, parmi une importante quantité de connaissances spécialisées, la connaissance qui est vraiment indispensable pour résoudre le problème. Si la connaissance nécessaire existe déjà et est disponible, cela nous rapproche de la solution. Si non, les outils TRIZ nous permettent de comprendre clairement quelle connaissance est nécessaire pour résoudre le problème formulé ou trouver une voie évitant ce problème. Cela revient à changer la situation de sorte qu'il ne soit pas nécessaire de résoudre le problème.

#### Exemple de contournement d'un problème

Il y a de nombreuses années, lorsque les gens utilisaient un téléphone public, ils devaient payer en insérer une pièce dans une étroite fente et un service spécial était responsable de la collecte régulière de ces pièces. Les voleurs, attirés par cet argent, cassaient souvent les appareils. C'est pourquoi le besoin apparut de créer un téléphone public absolument fiable, protégé contre le vandalisme et le vol.

De nombreux ingénieurs travaillaient à la résolution de ce problème et créaient de plus en plus de nouveaux téléphones. Mais, ils échouaient dans la bataille contre les voleurs.

Que fallait-il faire ?

Comme nous le savons tous aujourd'hui, le problème a été résolu en changeant entièrement le moyen de paiement des appels téléphoniques. Un système de cartes téléphoniques ou de paiement directement par carte bancaire a été mis en place. L'argent a disparu des cabines téléphoniques, et avec lui les voleurs.

Une étape importante vers la résolution du problème, est l'Étape 1.5 : intensifier un conflit.

Pour les débutants, il est souvent difficile d'apprécier la contribution créative de cette étape à la résolution du problème. Inconsciemment, ils essaient d'éviter de réaliser cette étape ou de la réaliser de manière formelle (juste pour montrer qu'ils l'ont réalisée). ARIZ est un outil d'analyse, mais ce dernier ne peut pas remplacer l'analyse proprement dite. Passer de manière formelle par toutes les étapes d'ARIZ se termine souvent par un échec. C'est pour cette raison que les programmes informatiques basés sur TRIZ ne mènent pas toujours à la solution même si la personne qui l'utilise est passée par toutes les étapes. Ces programmes nous aident à nous diriger dans une direction nécessaire, mais ils ne sont pas conçus pour remplacer une personne. Pour comprendre les recommandations faites par les programmes basés sur ARIZ ou TRIZ, il est crucial d'avoir une bonne connaissance de TRIZ et de clairement comprendre comment les outils de cette théorie fonctionnent.

Voyons plus en détail comment fonctionne l'Étape 1.5. Analysons également le rôle multiple que joue cette étape, ce qui est d'ailleurs le cas pour toute étape de l'Algorithm de G.S. Altshuller.

Ceux qui s'y connaissent en karaté ou autres systèmes orientaux de combats savent que ces disciplines ne comportent pas uniquement des mouvements du corps, mais également un mouvement très sophistiqué du cerveau, ce qui permet au combattant de réaliser le mouvement nécessaire de la manière la plus efficace.

Un jour j'ai utilisé l'un de ces mécanismes de pensée pour fendre du bois. Commençons par le début.

Au karaté, il y a le principe général qui consiste à penser avant de frapper un endroit adéquat du corps de l'adversaire. Il faut se concentrer non seulement sur l'endroit de la frappe, mais également sur un point qui est bien plus éloigné que l'endroit cible. Dans ce cas, le coup porté est bien plus puissant, mais l'énergie consommée est la même.

Ce principe fonctionne bien lorsque l'on fend du bois. Vous pouvez le vérifier par vous-même. Il ne faut pas viser la partie supérieure de la bûche, ni même la surface sur laquelle la bûche réponde, mais un point bien plus bas. Alors votre hache passe à travers la bûche presque sans effort... Pourquoi ?

On peut admirer le fait que les créateurs du karaté ont trouvé des solutions combinant des mécanismes psychologiques, physiologiques et physiques.

Il s'avère que lorsque nous visons un point, notre subconscient donne un ordre aux mécanismes physiologiques de notre organisme, l'ordre d'auto-préservation. Lorsque notre main s'approche de l'endroit de la frappe, nous réduisons instinctivement, à un niveau subconscient, la vitesse du mouvement pour éviter de causer des dommages à notre propre corps. Dans ce cas, nous dépensons d'abord de l'énergie pour prendre de la vitesse lorsque nous approchons du point d'impact, puis nous en dépensons pour ralentir. Finalement, la dépense d'énergie augmente et la force de l'impact diminue.

Un phénomène similaire se produit lorsque l'on travaille sur un problème. Une personne cherchant à résoudre un problème essaie instinctivement de réduire le conflit inhérent au problème et de trouver un compromis plutôt que de résoudre le problème.

Comme nous l'avons appris des fondements théoriques de TRIZ Classique, les outils de cette théorie appliquée visent la plus grande réduction possible du nombre d'essais vides et d'erreurs dans des conditions données. L'Étape 1.5 est l'un des outils nous permettant de rejeter un grand nombre d'idées insatisfaisantes, en nous évitant de les générer. Les débutants peuvent trouver étrange de commencer par cela, mais l'assimilation de l'ensemble des connaissances de TRIZ OTSM permet de comprendre comment et pourquoi c'est possible.

Les étapes précédentes nous ont permis de formaliser la description du problème et de donner une description plus précise de l'essence du problème. À l'Étape 1.4, nous avons choisi une direction à suivre pour la résolution, le point de notre impact intellectuel sur lequel nous allons porter notre attention dans les étapes suivantes de l'Algorithm.



À la terminologie du karaté, nous avons emprunté le point d'impact sur lequel nous devons concentrer nos efforts. Maintenant, il ne reste plus qu'à viser mentalement aussi loin que possible de ce point. Alors, nos efforts intellectuels s'avéreront bien plus productifs pour l'élimination du problème ou des barrières qui entravent sa résolution.



Revenons à l'exemple du téléphone. Il y avait un problème de vol. Augmentons les exigences imposées à la solution. Quand est-ce que le vol deviendra impossible ? La réponse est plutôt évidente : lorsqu'il n'y aura plus d'argent et qu'il n'y aura donc plus rien à voler. Cette direction de résolution générale nous entraîne vers une solution évidente : il faut créer des téléphones qui ne contiennent jamais d'argent. Ainsi, nous en arrivons à l'idée que les appels doivent être payés ailleurs, quelque part où la sécurité de l'argent est assurée. Ainsi, au lieu que la solution soit d'empêcher le vol d'argent dans les téléphones publics, nous résolvons le problème du paiement des appels.

Reprenons l'exemple du conduit en béton. L'effet indésirable – le fort bruit – apparaît parce qu'il est nécessaire de compacter le béton. Il n'y a pas de bruit si nous ne cognons pas contre le coffrage, mais alors le béton n'est pas compacté. Une formulation possible du nouveau problème est : il ne doit pas y avoir d'impacts sur le coffrage, mais le béton doit se compacter de lui-même. Cela mène à l'idée consistant à créer un nouveau type de béton. Aujourd'hui, un tel béton existe. Cependant, à l'époque où ce problème était urgent, un tel béton n'existait pas. Il y avait également un autre détail important. Comme nous l'avons déjà mentionné, le problème est apparu dans une usine qui n'avait pas de département recherche capable d'inventer un tel béton. Par conséquent, ils devaient se concentrer sur un mini-problème : la technologie de production de conduits en béton ne doit pas subir d'importants changements, mais le bruit doit être éliminé ou considérablement réduit.

L'intensification du conflit est l'une des étapes sur lesquelles on peut passer de manière purement formelle. Mais sa réalisation ne sera pas capable de nous mener à la solution tant que la personne qui étudie ARIZ ne maîtrisera pas les mécanismes de cette étape. Plus sa connaissance de cette étape sera bonne, plus son niveau professionnel sera élevé. Pour réaliser cette étape correctement, il est nécessaire de surmonter l'inertie psychologique qui nous empêche de trouver une solution. Ceux qui sont capables de faire cela, augmentent considérablement leurs capacités de résolution de problème. L'un des outils de TRIZ Classique qui peut nous aider à réaliser cette étape de la meilleure manière possible est l'opérateur DTC (Dimensions-Temps-Coûts). Nous omettrons cependant la description de la réalisation de l'étape et ne donnerons que les résultats de sa réalisation.



### **Conflit initial :**

Les vibreurs cognent violemment contre le coffrage pour compacter le béton, mais cela provoque un fort bruit, qui est considéré comme un inconvénient dans les conditions données.

Puisque nous avons sélectionné le mini-problème pour la résolution, nous devons formuler le conflit intensifié tel qu'appliqué exactement à la technologie existante :

### **Conflit intensifié :**

Les vibreurs cognent contre le coffrage avec une telle force que le bruit produit est insupportable même à une distance d'une centaine de kilomètres du lieu de production du conduit. Cette opération provoque des vibrations qui ne sont pas atténuées (leur amplitude est la même dans toute la masse de béton), produisant ainsi la meilleure qualité de compactage.

Il convient de noter qu'intensifier un facteur selon les règles de TRIZ OTSM nous permet de passer par l'Étape 1.5 non pas de manière simplement formelle, mais de manière à s'immerger profondément dans le problème. Comme nous pouvons le voir, pour améliorer la qualité du béton, nous devons fournir à la masse de béton l'amplitude de vibration nécessaire. L'effet indésirable est apparu justement parce qu'il est nécessaire de fournir l'amplitude de vibration requise entre des particules de béton au centre d'une masse de béton, elle-même située entre deux parois de coffrage. Cependant, en raison des propriétés du béton, les vibrations s'atté-

nuent rapidement tandis qu'elles se propagent des parois vers le centre de la masse de béton. Une des règles appliquée à l'exemple ci-dessous montre que l'intensification de conflit ne doit pas se limiter à l'intensification de l'effet indésirable (le fort bruit devient même plus intense), mais doit également prévoir les intensifications des effets positifs (désirés) que nous pourrions utiliser (vibrations uniformes et continues dans l'ensemble de la masse).

L'Étape 1.5 prouve une fois de plus que les effets désirés et indésirables sont logiquement liés l'un à l'autre. À l'Étape 1.5, il devient parfois clair que ce lien est absent. Cela signifie que nous devons définir le problème d'une autre manière, et il sera certainement résolu par une méthode typique.

Ainsi, l'Étape 1.5 remplit également la fonction de vérification. Elle vérifie s'il existe un lien de cause à effet entre deux paramètres d'évaluation grâce à un paramètre de contrôle.

Après avoir réalisé l'étape d'intensification du conflit, un utilisateur expérimenté de TRIZ OTSM sait déjà vaguement où se « cache » la solution. Cependant, même sans compétences spéciales en TRIZ, cette étape nous aide à remarquer quelque chose qui a échappé aux spécialistes qui travaillaient sur ce problème précédemment, à savoir que pour produire le résultat nécessaire, il suffit de savoir comment créer des vibrations durables dans la masse de béton ou comment créer des vibrations dans le béton lui-même en utilisant les ressources.

Par exemple, lorsque nous cherchons à résoudre ce problème dans une classe, certains étudiants ont souvent l'idée de produire les vibrations en utilisant les renforts placés à l'intérieur de la masse de béton.

C'est l'une des solutions partielles les plus fréquentes obtenues à ce niveau. Il y a également d'autres solutions car l'inertie psychologique commence à disparaître et que le problème devient de plus en plus compréhensible, même pour les spécialistes qui l'ont étudié pendant longtemps.

Il est pratiquement impossible de montrer à un débutant toutes les nuances du travail sur des problèmes réels simplement en utilisant un problème comme exemple. La vie réelle sera toujours plus riche que les exemples d'entraînement. C'est pourquoi, lorsqu'ils étudient TRIZ sérieusement, les étudiants doivent résoudre leurs propres problèmes issus de leur vie professionnelle ou privée.

Beaucoup d'étapes TRIZ peuvent être utilisées en tant qu'outils autosuffisants et indépendants et en combinaison avec d'autres outils TRIZ. Cependant, les utiliser comme des parties de l'Algorithm produit de meilleurs résultats.

### Étape 1.6 Formuler un modèle de problème

L'Étape 1.6 résume le travail effectué conformément à la première partie d'ARIZ. Lors de cette étape, nous jouons le rôle d'un observateur externe et intégrons tous les résultats obtenus au cours des différentes étapes dans un ensemble organique de manière à décrire clairement la nouvelle compréhension de la situation problématique – le modèle de problème.

#### 1.6.1 Spécifier la description des éléments conflictuels

Maintenant, avec le travail dédié à la sélection de l'un des schémas de conflit et à la formulation intensifiée du conflit sélectionné, nous pouvons à nouveau déterminer les éléments conflictuels (un outil et un produit) et les comparer à ceux identifiés à l'étape 1.2 :



##### **Outil :**

Un vibreur de grande puissance cogne violemment contre le coffrage (vibreur + coffrage). Il cogne si fort sur le coffrage que des vibrations durables sont produites dans toute la masse de béton.

##### **Produit :**

Un mélange de béton et d'air (contenu dans le béton).

Le produit est resté inchangé, mais l'état de l'outil a été considérablement corrigé.

### 1.6.2. Formuler le conflit intensifié

Le vibreur de grande puissance cogne si violemment contre le coffrage que l'amplitude de « mélange » (mouvement, fluctuation, vibration) du béton n'est quasiment pas entravée et reste la même dans toute la masse de béton. Mais le bruit provoqué devient insupportable.

Si l'Étape 1.5 a été réalisée avec soin, on pourrait penser qu'il suffit de copier sa formulation. Cependant, cela n'en vaut pas la peine. Il vaut mieux accorder une nouvelle réflexion à la question de savoir comment intensifier davantage le problème et se concentrer sur les conclusions que l'on peut tirer du conflit intensifié. Dans ce cas, en intensifiant le conflit, nous avons révélé les meilleures conditions de compactage du béton : une amplitude de vibration de la masse de béton identique à tous les endroits de la masse entre les parois du coffrage. Maintenant, nous pouvons corriger la description du résultat désiré.

### 1.6.3 Reformuler le résultat désiré

Il est nécessaire d'introduire un élément inconnu ou de procéder aux changements nécessaires que l'on désignera par élément X. Cet élément fournira, d'une part, la force et l'amplitude de mélange nécessaire (mouvement, fluctuation, vibration) dans la masse de béton et garantira d'autre part un fonctionnement silencieux des vibreurs.

Il convient de noter qu'un élément X n'est pas nécessairement un objet physique : il pourrait également s'agir d'un changement structurel dans les éléments disponibles d'un système initial. C'est justement ce que nous visons : introduire des changements minimaux mais éliminer un effet négatif, et préserver et améliorer un effet positif.

Ainsi, nous avons analysé et résumé tout le travail effectué conformément à la première partie d'ARIZ. Grâce à cette partie, nous avons obtenu une formulation claire du modèle de problème, que nous utiliserons pour analyser les ressources disponibles dans le système dès la troisième partie de l'Algorithme. De plus, comme mentionné précédemment, en raison de l'intensification du conflit, cette formulation attire notre attention sur la recommandation concernant la résolution de problème.

Avant de réaliser l'Étape 1.6, utilisons la règle OTSM et écrivons séparément la description du Phénomène positif que nous souhaitons préserver et améliorer, et la description du Phénomène négatif que nous voulons éliminer.



#### ***L'effet positif que nous voulons obtenir et préserver en résolvant le problème :***

Obtenir la force et l'amplitude de « mélange » (mouvement, fluctuation, vibration) nécessaires dans la masse de béton .

#### ***Effet indésirable à éliminer :***

Bruit survenant lors du compactage du béton, réaliser un compactage du béton si possible sans bruit.

Comme nous l'avons vu, la description du problème a été considérablement simplifiée. Elle comporte maintenant moins de détails, mais l'essence du problème a été préservée. Nous n'avons pas besoin de réfléchir à des solutions qui ne fonctionnent pas avec ce modèle. Cependant, de telles idées peuvent apparaître. Ces idées, ainsi que toutes les autres idées, devraient être enregistrées séparément du texte des étapes de l'Algorithme de manière à accroître l'efficacité, au moment adéquat, du travail sur ces idées avec TRIZ OTSM et d'éviter à avoir à les chercher dans l'ensemble du texte de l'analyse du problème avec ARIZ.

## Étape 1.7 Chercher une solution standard

Lorsque l'on observe plus attentivement le modèle de problème, on remarque que si l'élément système « vibreur » a été préservé dans la description du modèle de problème, il est devenu insignifiant puisque seule la fonction qu'il doit assurer a été conservée : produire des vibrations

suffisamment puissantes d'une amplitude spécifique dans la masse de béton.

C'est pourquoi, dans le modèle Su-Field, il est intéressant de commencer par un modèle su-field ne comportant qu'une seule substance et de sélectionner une solution standard correspondante ou un groupe de solutions de ce type.

Voici une des solutions standard recommandées par le système de standards pour un cas analogue au notre : une seule substance, ajouter une substance ou champ supplémentaire à un système, organiser l'interaction entre les deux substances et le champ de manière que l'effet indésirable disparaît tandis que l'effet positif demeure, voire s'améliore.

À ce niveau d'analyse, cette recommandation semble bien vague. Cependant, la phase d'analyse ultérieure nous permettra de mieux comprendre quelle substance et quel champ doivent être introduits dans le système pour permettre à ce dernier d'être résolu.

La version existante du Système des Standards Inventifs proposée par G.S. Altshuller permet de résoudre le problème à cette étape. Mais l'objectif de ce document n'est pas de montrer comment fonctionne le Système des Standards Inventifs, mais de décrire le travail des étapes d'ARIZ lorsque les solutions inventives standard n'apportent pas de solution satisfaisante. C'est pourquoi nous omettons la description de cette étape et de la transition vers le Système des Standards Inventifs d'Altshuller.

### **3.2.2 Partie 2 : Analyser un modèle de problème**

La deuxième partie de l'Algorithme est conçue pour révéler et effectuer une analyse préliminaire des ressources disponibles afin de résoudre le problème décrit dans le modèle de problème. Dans cette partie, nous analyserons les ressources en matière d'espace, de temps, de substance et de champ disponibles dans la situation problématique initiale.

Si le problème analysé n'a pas de caractère technique, il est nécessaire d'analyser d'autres types de ressources spécifiques à des systèmes qui requièrent une amélioration ou qui doivent être créés dans le cadre de la résolution de problème.

Tout cela est la préparation pour le « point culminant » du processus de résolution, que l'on atteint dans les troisième et quatrième parties de l'Algorithme.

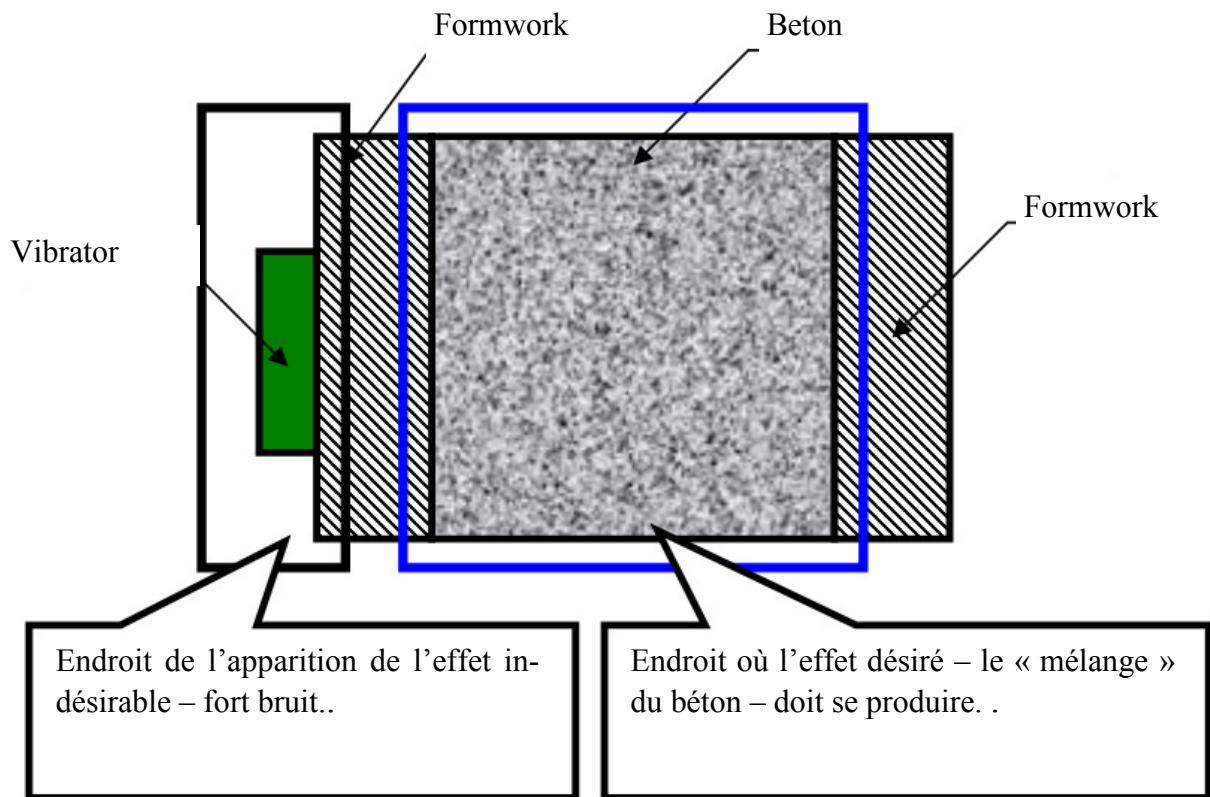
Dans la deuxième partie d'ARIZ, le nombre d'idées commence à croître. Ces idées semblent souvent ridicules, irréalistes, ou bien elles présentent de sérieux inconvénients. L'erreur typique de la personne qui résout un problème est de rejeter ces idées sans les avoir suffisamment analysées, la raison de ce rejet et de cette sous-estimation étant l'inertie psychologique.

Toutes les idées, y compris les plus irréalistes et ridicules, doivent être enregistrées dans un protocole séparé sous la forme d'une banque d'idées. C'est la règle générale de l'analyse de problème avec TRIZ-OTSM, quel que soit l'outil - de TRIZ Classique ou d'OTSM - utilisé dans le cadre du travail sur un problème.

#### **Étape 2.1 Analyser la zone opérationnelle**

Le but de cette étape est, en suivant certaines règles, de concentrer le travail de notre cerveau sur l'analyse de l'espace dans lequel la contradiction apparaît et de vérifier la possibilité de résolution de cette contradiction dans l'espace.

Une zone opérationnelle est la partie de l'espace dans laquelle un problème apparaît. Elle peut être identifiée comme la région où l'Outil et le Produit, identifiés à l'Étape 1.2, ont une interaction indésirable ou insatisfaisante.



*Fig. 4 : Zones spatiales dans lesquelles les effets désirés et indésirables apparaissent.*

Cette figure montre que le mélange du béton et la génération de bruit se produisent dans différentes régions de l'espace.

Analyser la zone opérationnelle montre que la zone dans laquelle l'effet désiré (mélange du béton) doit apparaître et la zone dans laquelle l'effet indésirable apparaît (vibration de l'air) ne se superposent pas dans l'espace. Cela démontre l'idée que le problème peut être résolu par séparation dans l'espace. C'est l'une des solutions de conflit les plus généralisées utilisées dans TRIZ Classique. C'est pourquoi il est nécessaire de réfléchir à ce qui peut être fait pour produire des vibrations uniquement dans la partie interne du coffrage, voire dans le béton, de manière à ce qu'il n'y ait pas de vibrations dans la partie externe du coffrage ou dans le coffrage dans son ensemble. Cette solution est souvent rejetée et oubliée par les débutants en TRIZ, ce qui est, en réalité, une grave erreur. Cette idée, ainsi que toutes les autres idées qui surgissent, devraient être saisies dans la banque d'idées utilisée ultérieurement pour définir progressivement les caractéristiques d'une future solution.

C'est le type d'indice à prendre en compte et à analyser avec d'autres idées de solution et d'autres ressources disponibles.

Notez également que lorsque nous avons décrit les effets désirés et indésirables, nous avons utilisé un terme et l'avons rapidement expliqué. D'après TRIZ Classique, toute la terminologie professionnelle utilisée dans le processus de résolution devrait être remplacée par des termes simples – parfois même très simplifiés – qui ne mettent l'accent que sur la fonctionnalité importante dans un cas donné. C'est pourquoi, pour décrire l'effet désiré, nous avons remplacé le terme « vibration » par le terme « mélange ». Pour la même raison, le terme « bruit » a été remplacé par le terme « vibrations d'air ».

Une analyse conjointe du remplacement du terme et de la zone opérationnelle nous permet de

donner une description préliminaire de la solution, qui sera spécifiée ultérieurement et complétée par des détails. Nous décrirons ce prototype de solution ci-dessous, mais nous souhaitons rappeler à nos lecteurs que toutes les idées et combinaisons d'idées obtenues dans le processus de travail sur le problème devraient être enregistrées en vue de leur analyse ultérieure avec les outils et les règles de TRIZ OTSM.

Réfléchissons (résumons) donc à l'analyse de la performance de l'Étape 2.1

*Le problème peut être résolu en ne mélangeant le béton que dans le coffrage, de manière que la partie externe du coffrage ne vibre pas et ne produise pas de vibrations d'air. Aucun bruit ne sera alors produit lors du mélange et du compactage du béton.*



Cette description généralisée peut sembler trop vague, irréaliste et manquant de substance. Enregistrons-la néanmoins et poursuivons notre analyse. Les plus expérimentés en TRIZ observeront peut-être, dans cette description, l'indication d'au moins deux directions intéressantes de résolution. Si l'inertie psychologique continue à paralyser l'esprit du lecteur, il nous faut poursuivre. Si vous avez abouti à des idées plus ou moins réalisables, vous devriez poursuivre l'analyse avec TRIZ jusqu'à atteindre la quatrième partie. Cela vous aidera à « peaufiner » les idées obtenues et à les améliorer considérablement. Dans certains cas, nous pouvons même aboutir à des idées totalement différentes issues de la solution conceptuelle généralisée et vague ou bien d'autres idées obtenues au cours de l'analyse ultérieure.

La vérité est qu'un résumé (réflexion) devrait être réalisé après chaque étape et que les idées qui surgissent pendant la réflexion devraient être enregistrées dans la banque d'idées en vue d'une analyse ultérieure. Cependant, nous ne le ferons pas ici afin de ne pas surcharger le texte de commentaires et explications superflues. Nous essayons de montrer, d'une manière générale, le processus d'analyse d'une situation problématique et de production d'une solution.

### Étape 2.2 Analyser le temps opérationnel

L'objectif de cette étape est, en utilisant certaines règles, de focaliser le travail de notre cerveau uniquement sur l'analyse des intervalles de temps pendant lesquels une contradiction apparaît et de vérifier si la contradiction peut être résolue dans le temps.



Pour cela, comme pour l'analyse de l'espace, nous devons analyser séparément les intervalles de temps pendant lesquels les phénomènes désirés et indésirables commencent et se terminent. En effet, le temps opérationnel est identifié comme l'intervalle dans lequel l'Outil et le Produit – identifiés à l'Étape 1.2 – ont une interaction indésirable ou insatisfaisante.

Dans notre cas spécifique, les effets indésirables et désirés se produisent au moment où le vibreur est mis en marche et se poursuivent jusqu'à ce qu'il soit arrêté.

Ainsi, les intervalles de temps pendant lesquels l'effet désiré (mélange du béton) et l'effet indésirable (fortes vibrations de l'air) se produisent sont identiques.

Il est improbable que nous réussissions à résoudre la contradiction en utilisant la ressource temps, même si dans certains cas il est possible de modifier la vitesse de mélange du béton, éliminant ainsi l'apparition du bruit. Par exemple, si la vitesse de l'apparition de la pression du coffrage sur le béton et la vitesse d'élimination d'une telle pression sont suffisamment lentes, alors les vibrations du coffrage ne produisent pas un bruit aussi fort.

Modifier les vitesses des processus est également une des méthodes de résolution de ce problème dans le temps.

Pour bien comprendre la séparation dans le temps, il est conseillé de se familiariser avec l'Opérateur Système.



### **Remarques sur l'Opérateur Système, l'objectif de l'enseignement d'ARIZ et de TRIZ**

Les lecteurs qui connaissent l'Opérateur Système de TRIZ Classique remarqueront que lorsque nous réalisons les Étapes 2.1 et 2.2, nous analysons une situation selon deux des trois axes de l'Opérateur Système : l'axe du temps et l'axe de la hiérarchie.

L'auteur de TRIZ, G.S. Altshuller, considérait ARIZ comme une analyse détaillée d'une situation problématique selon l'Opérateur Système présentée sous forme d'un processus linéaire. De part sa nature, l'Opérateur Système décrit une pensée non linéaire. Comme déjà mentionné auparavant, la fonction principale d'ARIZ est de résoudre un problème spécifique non-standard. Mais le Principal Processus de Production auquel participe ARIZ consiste à développer un résolveur à partir des compétences de la pensée créative basée sur l'Opérateur Système. Le terme « Opérateur Système » est apparu dans l'environnement des spécialistes TRIZ en tant que synonyme du nom plus complet proposé par G.S. Altshuller – « Diagramme Multi-écrans de Pensée Avancée ». G.S. Altshuller considérait le processus d'enseignement TRIZ comme un processus de développement de compétences de pensée avancée réalisé selon ce diagramme multi-écrans. ARIZ est l'un des outils les plus importants de TRIZ Classique utilisé pour le développement de telles compétences. Un étudiant acquiert un ensemble de telles compétences grâce à l'accumulation de l'expérience obtenue en appliquant ARIZ à de nombreux problèmes d'entraînement et de la vie réelle.

Revenons au travail effectué et réalisons une évaluation du point de vue de l'application de l'Opérateur Système.

Au cours de notre travail et conformément à la première partie, nous avons initialement obtenu une vue générale de la situation problématique. Il s'agissait d'une étude générale portant sur un fragment de la situation problématique conformément à l'Opérateur Système. Nous avons examiné la désignation du système (produire des vibrations dans du béton pour supprimer des cavités d'air et augmenter la densité du béton) et ses composants (sous-systèmes). Nous avons également identifié le super-système et le processus principal de production (production de conduits) présentés dans la description initiale du problème.

Nous avons également rapidement analysé la situation problématique selon l'axe du temps (d'abord le béton est versé dans un coffrage vide, puis les vibrateurs sont mis en marche et le béton est compacté).

L'axe des antisystèmes a été présenté de manière plus détaillée sous forme de deux versions de résolution de problème, aucune des deux n'étant satisfaisante (CT-1 et CT-2). Le système de contradictions nous montre la relation entre le Système et l'Antisystème.

Nous avons également décidé de l'apparence que devrait prendre le super-système à l'avenir et ce, de notre point de vue (partie finale de l'Étape 1.1).

Ensuite, nous nous sommes concentrés (zoom-in) sur deux composants seulement du système : le produit et l'outil. À l'étape 1.3, nous avons à nouveau porté notre attention sur l'interrelation entre le système et les antisystèmes. Mais cette fois-ci, nous avons présenté les conflits sous forme graphique.

À l'étape 1.4, nous nous sommes éloignés (zoom-out) et avons donc élargi la zone de l'Opérateur Système et sélectionné le conflit qui se produit au niveau du système sélectionné et qui offre une qualité potentielle meilleure d'une fonction supérieure suffisante (Processus Principal de Production). À l'étape 1.5, nous nous sommes à nouveau concentrés sur le conflit sélectionné et nous l'avons intensifié mentalement.

Ce quatrième axe – l'axe des transformations mentales – est absent de l'Opérateur Système classique. G.S. Altshuller voulait introduire cet axe dans l'Opérateur Système dès les années 70, avant la publication de son livre *Creativity as an Exact Science*. Il expliqua qu'il avait rejeté l'axe des changements mentaux parce qu'il n'avait pas réussi à trouver une image simple et compréhensible pour un opérateur système 4D. Il convient de noter que le schéma graphique de l'opérateur était en 3D dans le manuscrit ce de livre, mais qu'il a été remplacé, par erreur, par un schéma en 2D lors de la publication. Le schéma en 2D n'a que neuf écrans, alors que le dessin original de G.S. Altshuller dans le manuscrit comportait 18 écrans. L'axe des antisystèmes est mentionné dans le texte du livre, mais il est absent sur les dessins. Pendant le développement d'OTSM, un Opérateur Système avancé comprenant cet axe – l'axe des expérimentations



tions mentales – apparut, ainsi que d'autres axes que G.S. Altshuller considérait comme tout aussi importants.

À l'étape 1.6, nous nous sommes éloignés et avons donc élargi le champ de notre considération mentale de la situation et décrit le modèle de situation problématique.

Dans la deuxième partie, nous nous concentrerons sur diverses ressources disponibles dans le système, ses sous-systèmes et dans le super-système (Zoom-Out). C'est justement ce que nous allons faire à l'Étape 2.3.

### Étape 2.3 Analyser les ressources Su-Field (substance-champ)

L'objectif de cette étape est de concentrer le travail de notre cerveau sur l'analyse des substances et champs (objets matériels) qui sont disponibles aussi bien dans le cadre du modèle de problème, que dans le cadre de la situation problématique dans son ensemble. Si un problème est lié à des systèmes non-techniques, les ressources sur lesquelles le type donné de système est construit sont analysées : ressources financières pour des systèmes commerciaux, psychologie pour un individu, psychologie sociale pour des systèmes de management et d'éducation, etc.

Nous souhaitons vous rappeler que l'Étape 2.3 ne porte que sur l'analyse préliminaire des substances matérielles de la situation initiale. Leur analyse plus détaillée et plus complexe sera réalisée dans les limites de la zone opérationnelle et des intervalles de temps de la troisième partie de l'Algorithme.

#### 2.3.1 Ressources intra-système

**Les ressources su-field de l'outil :** boîtier métallique du vibreur, moteur électrique, énergie électrique, volant excentré, ondes sonores provoquées par le vibreur et le coffrage, câbles.

**Les ressources su-field du produit :** ciment, eau, gravier, ondes mécaniques se propageant dans la masse de béton.



Les ressources intra-systèmes sont des ressources localisées dans la Zone Opérationnelle, spécifiée à l'Étape 2.1, et dans le Temps Opérationnel, spécifié à l'Étape 2.2.

#### 2.3.2 À l'extérieur du système

Les ressources su-field de l'environnement caractéristiques de ce problème : la particularité de ce processus par rapport au processus général utilisant ce principe de mélange de béton est que le coffrage est localisé dans un renforcement cylindrique dans le sol. Mais placer une plaque d'isolation phonique dans ce renforcement est indésirable.



Les ressources su-field de l'environnement communes à tous les problèmes : gravitation permettant le compactage du béton par le biais de vibrations.

#### 2.3.3 Dans le super-système

Les déchets (ressources pas chères) d'un système externe (si un tel système est accessible dans le cadre d'un problème). En fait, les différentes usines d'une région produisent différents types de déchets. Dans notre cas spécifique, nous ne savons pas encore quelles caractéristiques les déchets dont nous avons besoin doivent avoir. Il sera possible d'obtenir des réponses à ces questions en résumant les résultats des 3<sup>èmes</sup> et 4<sup>èmes</sup> parties d'ARIZ (réflexion). À la fin de la 3<sup>ème</sup> partie, et davantage encore après la 4<sup>ème</sup> partie, l'image d'une future solution devient plus claire et nous pouvons à nouveau envisager d'utiliser ce type de ressource.



Les ressources considérées comme « pas chères » sont : éléments externes dont le prix peut être quasiment négligé, comme l'eau et l'air.

### **Résumer la deuxième partie :**

L'analyse des ressources su-field du système (outil-produit) fait réfléchir à la méthode utilisée

pour générer des ondes mécaniques dans toute la masse de béton sans générer d'ondes sonores dans l'environnement. Il ne fait pas de doute qu'une telle séparation de l'espace est utile pour la résolution du problème.

L'analyse des ressources internes et externes du système n'a pas donné de réponse claire. Cependant, elle a permis de mettre en avant les ressources qui peuvent être utilisées pour la résolution du problème une fois les caractéristiques nécessaires pour remplir la fonction utile définies clairement. Avec l'accumulation de l'expérience de l'application d'ARIZ et la libération de la pensée, diverses idées commencent à surgir quant à l'utilisation de différents types de ressources. Comme nous l'avons déjà mentionné, ces idées semblent parfois ridicules et irréalistes. Cependant, elles devraient être conservées dans la banque d'idées en vue d'une analyse ultérieure avec TRIZ OTSM afin de les rassembler dans un système d'idées opérable et unique. À l'Étape 1.7, nous avons obtenu un indice de la part du Système de Standards Inventifs : en plus du mélange de béton, une deuxième substance et un deuxième champ devraient apparaître dans la zone opérationnelle. Pour le moment, nous n'en avons qu'une vague idée. La seule chose qui soit claire, c'est qu'ils doivent garantir le mélange de toute la masse de béton dans le coffrage, avec l'amplitude durable nécessaire, sans générer de fortes vibrations d'air au-delà du coffrage.

Les lecteurs plus aguerris à TRIZ et ARIZ pourraient probablement ajouter que tout cela doit introduire des changements minimaux dans le système et utiliser les ressources du système initial disponibles dans l'usine – les vibreurs.

Lorsque nous développons un nouveau système et qu'au début notre système n'existe que dans notre esprit, nous avons davantage de possibilités de sélectionner des ressources que lorsque nous travaillons sur un système qui existe déjà. Le second cas est généralement typique des entreprises de production où un certain équipement a déjà été utilisé mais ne répond pas à toutes les exigences du processus technologique. Les débutants en TRIZ sont souvent confrontés à des difficultés lorsqu'ils analysent des systèmes déjà existants et leurs composants. Ces difficultés sont dues à l'inertie psychologique présente en chacun d'entre nous. Nous souhaitons trouver une solution prête à l'emploi à un problème non-standard, comme pour les problèmes standards. Si nous sommes confrontés à un problème standard correspondant à une description de problème standard, nous devons utiliser une solution standard correspondante pour résoudre ce problème.

Si, au contraire, nous sommes confrontés à des problèmes non-standard, cette approche est impossible et davantage d'efforts sont requis pour gérer notre propre inertie psychologique, détruire les stéréotypes de pensée qui affectent notre processus de réflexion et rechercher des solutions créatives. Nous devons être prêts à décomposer les systèmes existants en composants indépendants, à considérer ces composants comme des ressources absolument indépendantes et à essayer de comprendre comment l'un ou l'autre composant peut nous aider à résoudre notre problème.

Il est nécessaire de mentionner un moment très important pour ceux qui cherchent à résoudre à problème, surtout pour les managers.

Lorsque nous utilisons les outils TRIZ OTSM dans le cadre de notre travail, nous surmontons progressivement notre inertie psychologique. Par conséquent, une solution créative obtenue est si différente des solutions standard connues qu'elle est immédiatement rejetée par les personnes qui n'ont pas participé au processus de résolution et qui sont, de ce fait, incapables d'accepter immédiatement la solution obtenue ; ils ne sont souvent même pas prêts à discuter d'une solution aussi extraordinaire. Cette situation se présente généralement lorsque les idées obtenues sont prématurément présentées aux manageurs. Lorsque les personnes qui résolvent le problème ne préparent pas le terrain, les manageurs rejettent généralement les idées inhabituelles car ils continuent à être influencés par l'inertie psychologique, contrairement à ce qui ont travaillé sur le sujet et qui ont réussi à la surmonter au cours de leur travail.



En 2000, nous travaillions pour une entreprise européenne réputée sur la résolution de certains problèmes en collaboration avec les spécialistes de cette entreprise. La solution obtenue était inhabituelle : le problème pouvait être résolu en remplaçant une pièce monolithique de métal par une brosse métallique. C'était une solution sans précédent dans ce secteur. Lorsque cette solution fut soumise à l'approbation du manageur, ce dernier la jeta purement et simplement dans la corbeille à papiers sans donner aux spécialistes deux ou trois jours de plus pour réaliser un modèle informatique.

L'entreprise a alors décidé d'inviter des spécialistes TRIZ OTSM parce que le problème à résoudre était compliqué. Nous avons travaillé sur le sujet en utilisant les outils TRIZ OTSM. Étape après étapes, nous avons développé de nouvelles idées, surmonté l'inertie psychologique et générée des idées nouvelles et créatives tout en essayant de les intégrer dans un système de solutions et de construire une solution qui serait considérée comme acceptable par l'entreprise. Beaucoup d'argent et de temps ont été dépensés. Il semblait que consacrer deux ou trois jours supplémentaires de travail pour simuler et tester la solution n'était pas un problème et valait la peine. Les développeurs sont donc allés voir le manageur pour régler ce qui semblait être une question simple : allouer le temps d'une personne à la modélisation par ordinateur de la solution obtenue. Mais ils se sont heurtés à la décision sans appel, non justifiée et émotionnelle de stopper le projet ...

Nous étions tous très déçus.

Ce n'est pas un exemple extraordinaire. Notre expérience montre également qu'il existe des cas dans lesquels des solutions rejetées par certains manageurs ont finalement, après un certain temps, été trouvées et introduites par des concurrents.

C'est le prix payé pour la présentation prématuée aux manageurs de solutions créatives non standard pour résoudre des problèmes persistants au niveau mondial.

Les manageurs sont généralement très occupés, voire complètement débordés. Un travail réalisé constamment sous pression, le manque de temps et la nécessité de coordonner des processus compliqués les empêchent parfois de prendre des décisions raisonnables. Avant de leur soumettre des idées nouvelles et non standard, il est nécessaire de réfléchir sérieusement à comment les aider à surmonter leur inertie psychologique en quelques minutes (les spécialistes eux-mêmes passent généralement plusieurs semaines ou mois à faire cela).

Malheureusement, les manageurs eux-mêmes n'ont souvent pas conscience de l'inefficacité et de l'irrationalité de certaines de leurs décisions. À ce propos, il serait intéressant de rappeler les résultats des recherches entreprises par IBM sur l'innovation au sein de ses entreprises à travers le monde. Selon le rapport correspondant, 85% des manageurs pensent qu'ils sont capables de prendre les bonnes décisions. En même temps, les résultats d'une autre recherche prouvent que 65% des décisions prises par les manageurs sont annulées ou largement modifiées en raison de leur inefficacité.

L'étude d'Altshuller portant sur de nombreuses situations liées à l'introduction de nouvelles idées démontre que plus la nouveauté de l'idée est importante, plus cette idée rencontre de la résistance au cours de sa mise en œuvre.

Le paragraphe décrivant la relation entre les manageurs et les développeurs semble ne pas être lié au problème que nous analysons et à TRIZ. Mais les outils créés dans le cadre du développement de TRIZ Classique et d'OTSM permettent souvent de trouver des solutions techniques non standard avec un important potentiel d'innovation. Les entreprises rejettent souvent de telles solutions pour la simple et bonne raison que personne ne le fait de cette manière. Elles perdent ainsi un potentiel de brevet, ce qui a pour conséquence une perte de bénéfice. Plus tard, elles repensent à la situation, s'adressent à des experts TRIZ, expriment des regrets et demandent de l'aide pour contourner le brevet du concurrent.

Malheureusement, de telles situations ne sont pas rares. Les idées sont souvent rejetées par les manageurs, mais également par les membres du groupe de travail. La combinaison de l'inertie

psychologique – lorsque des gens ne veulent pas accepter des solutions partielles parce qu’elles semblent vides et inutiles – et de certains traits de caractère d’une personne spécifique entraîne parfois l’arrêt du travail qui ne mène pas à des solutions standard connues. Les problèmes compliqués non standard ne peuvent pas être résolus en appliquant les solutions standard connues des professionnels. C’est pourquoi elles sont difficiles à résoudre. Résoudre de tels problèmes requiert de sortir des sentiers battus de la pensée traditionnelle. Violer les classiques semble inadmissible aux yeux de certaines personnes. Ces dernières cherchent alors, par tous les moyens, à bloquer le travail du groupe de travail qui utilise TRIZ OTSM pour la résolution du problème et essaient de remettre le travail sur la voie des solutions familiaires mais inefficaces dans le cas précis. Cela cause d’importants dommages aux intérêts de l’entreprise.

Il faut dire qu’au début, la solution au problème décrit a également été confrontée à une forte résistance. Mais le développeur a eu la chance de pouvoir prouver que les idées obtenues étaient réalisables.

L’inverse est également possible. Une solution obtenue est si simple et facile à mettre en œuvre que les manageurs pensent qu’elle était évidente et qu’il n’était pas nécessaire d’inviter des experts TRIZ. Mais ils oublient souvent que les développeurs les plus intelligents de l’entreprise s’étaient auparavant débattus pendant des mois et des années sans trouver de solution satisfaisante. Cependant, les outils TRIZ OTSM ont aidé les spécialistes à surmonter l’inertie psychologique et à choisir une direction assez inattendue permettant de trouver une solution apparemment simple. Tout cela prouve que les outils de TRIZ Classique et OTSM sont utiles pour surmonter l’inertie psychologique. C’est pourquoi il faut s’attendre à ce que la première tentative de présentation d’une solution obtenue se heurte à l’inertie psychologique et cause l’incrédulité des collègues, voire le rejet.

L’inertie psychologique des spécialistes et des manageurs cause souvent d’importants dommages à leurs propres intérêts, ainsi qu’aux intérêts de leurs entreprises.

Nous avons abordé un problème très sérieux lié aux projets d’innovation. Il semble qu’avoir des outils efficaces pour la production d’innovation ne suffit pas pour réussir à appliquer ces innovations. Il est également nécessaire d’entreprendre des changements importants dans la culture et la structure de l’entreprise. Dans ce domaine, des idées innovantes sont nécessaires pour venir à bout de l’inertie psychologique des manageurs.

### **3.2.3 Partie 3 : Déterminer le résultat final idéal (RFI) et les contradictions physiques qui entravent l’obtention du RFI.**

La troisième partie d’ARIZ se distingue largement des parties précédentes tant au niveau de sa structure, qu’au niveau de la réalisation des étapes de l’algorithme.

Dans cette partie, les actions menant à la résolution d’un problème prennent une autre voie. Dans les parties précédentes, nous avons tout d’abord réalisé l’analyse (Parties 1 et 2) alors que dans la troisième d’ARIZ nous passons à l’activité visant à générer des Solutions Partielles, puis des Solutions Conceptuelles Satisfaisantes (Parties 3, 4 et 5). La troisième partie est une sorte de point culminant de l’analyse de problème et de transition vers la génération d’une Solution Conceptuelle Satisfaisante.

Nous souhaitons vous rappeler que les outils TRIZ ne sont pas conçus pour la recherche d’une solution, mais pour la création planifiée, étape après étape, d’une image de solution suffisamment détaillée pour permettre de la transférer vers le développement d’un prototype ou d’un modèle informatique à tester.

L’image d’une solution future est créée étape après étape et elle devient de plus en plus distincte. L’image est créée par l’accumulation de solutions conceptuelles qui correspondent partiellement aux exigences techniques. Nous appelons ces solutions des solutions « partielles » car elles ne résolvent que partiellement le problème. Les solutions partielles sont la matière

première nécessaire à la création d'une Solution Conceptuelle Satisfaisante. Une Solution Satisfaisante est obtenue sur la base de solutions partielles grâce à l'utilisation d'outils TRIZ Classique et OTSM.

Les éléments des solutions partielles qui les empêchent d'être des solutions complètes peuvent prendre la forme d'une exigence que toute solution satisfaisante doit remplir. C'est une sorte de spécification technique additionnelle. En appliquant les outils TRIZ OTSM à ces spécifications techniques, nous développons des solutions partielles additionnelles, qui sont ensuite intégrées dans un système unique de solutions – une Solution Conceptuelle Satisfaisante.

Voici l'avantage que représente l'utilisation de la notion de « solution partielle » : révéler les raisons pour lesquelles une solution partielle ne peut pas être considérée comme une solution satisfaisante, nous permet de spécifier des exigences techniques et de mieux identifier les restrictions à prendre en compte lors de la génération de la Solution Conceptuelle Satisfaisante. La Solution Conceptuelle Satisfaisante permet de créer une solution technique : des dessins et des modèles informatiques, etc. La solution technique nous permet de créer un prototype qui, une fois testé, nous mènera à une version améliorée de la solution.

Ainsi, en passant à la troisième partie d'ARIZ, nous devrions viser une synthèse de solution et, parallèlement, effectuer l'analyse nécessaire. Dans ce cas, ARIZ peut être comparé au système vasculaire sanguin du corps humain. Les première et deuxième parties d'ARIZ correspondent aux artères qui transportent l'information concernant un problème. La troisième partie de l'Algorithm est semblable à un réseau capillaire dans lequel l'information collectée est modifiée et graduellement transformée en solution. Les solutions partielles et les commentaires critiques forment des ruisseaux d'idées alimentant l'image émergeante d'une solution satisfaisante. Cette partie nourrit également toutes les parties ultérieures d'ARIZ, comme le sang qui coule dans les veines. Observons maintenant comment l'analyse de problème se transforme graduellement en génération de solution au cours de la mise en œuvre d'ARIZ. Cette transition s'effectue simultanément dans plusieurs branches parallèles qui se rejoignent à la fin de la troisième partie d'ARIZ.

### Étape 3.1 Formuler le Résultat Final Idéal (RFI)

L'objectif de l'Étape 3.1 est de reformuler le problème encore une fois pour commencer à progressivement générer une solution. Cette étape vise à déterminer la description du problème pour une utilisation ultérieure et les exigences à satisfaire pendant la résolution du problème. Par la suite, nous utiliserons la description de problème obtenue à l'Étape 3.1 au lieu du modèle de problème produit à l'Étape 1.6 puisque dans la deuxième partie d'ARIZ nous avons spécifié les détails de place et de temps de l'apparition du problème. De plus, nous avons créé une liste de ressources pouvant être utilisées pour la résolution du problème. Tout cela mène à une transformation du modèle de problème à l'Étape 3.1.

On dit souvent qu'un problème bien défini, c'est au moins la moitié de la solution. C'est pourquoi l'idée de spécifier un problème et les exigences imposées par la solution est le fil conducteur de toute la méthode ARIZ.

#### *RFI-1:*

Élément X, sans compliquer le système et sans causer de phénomènes néfastes, élimine l'effet indésirable – « fort bruit » - pendant le <Temps Opérationnel> dans la <Zone Opérationnelle>. En d'autres termes, l'effet indésirable ne doit pas apparaître dans l'environnement autour des vibreurs (à l'extérieur du coffrage) lorsque les vibreurs fonctionnent et cognent fortement contre le coffrage pour compacter le mélange de béton.

En même temps, les vibreurs doivent conserver la force et l'amplitude requises pour le compactage de la masse de béton dans l'ensemble du volume du coffrage.

À cette étape de spécification, quelques nouvelles idées peuvent déjà apparaître dans l'esprit des lecteurs, ou bien quelques anciennes idées oubliées peuvent refaire surface. En raison de



l'inertie psychologique, ces solutions connues n'ont pas été liées plus tôt au problème donné dans notre esprit.

Comme nous l'avons vu, réaliser les étapes d'ARIZ entraîne la spécification planifiée des causes du problème et des exigences imposées à une future solution. Parallèlement, quelques nouvelles idées de résolution commencent à apparaître. Même si ces idées semblent plutôt réalisables et prêtes à être mises en œuvre, il vaut la peine de poursuivre l'analyse jusqu'à la quatrième partie. C'est une règle ARIZ obligatoire. Toutes les étapes ARIZ sont organisées en fonction des lois d'évolution du système. En réalisant ces étapes, nous suivons essentiellement ces lois d'évaluation. Et une solution obtenue peut être développée et améliorée par la réalisation des étapes suivantes de l'Algorithme.

Nous pouvons noter dans la **banque d'idées** (un carnet spécial où nous consignons les solutions partielles) qu'une des solutions conceptuelles possibles consiste à placer des vibreurs dans le mélange de béton. Le niveau de bruit est alors considérablement réduit. Mais les utilisateurs du coffrage sont contre cette solution.

Comme nous l'avons déjà expliqué, pour soutenir la production d'une description de solution problématique, les objections contre les solutions proposées et les commentaires critiques doivent être transformés en exigences.

Dans notre cas, l'idée de placer les vibreurs dans le mélange de béton semble très attractive car le béton lui-même peut jouer le rôle d'isolation phonique et réduire le niveau de bruit autour de l'installation. Cependant, les exigences externes imposées au processus de production ne permettent pas de placer les vibreurs dans le mélange de béton. Ainsi, nous pouvons formuler une nouvelle exigence pour la solution : il est nécessaire de produire la vibration dans la masse de béton sans introduire un nouveau mécanisme qu'il serait impossible de ressortir une fois le béton durci. Comment peut-on faire cela ? Ce n'est pas facile à dire, mais cette idée devrait également être saisie dans la **banque d'idées**, peu importe à quel point elle semble ridicule.

L'Étape 3.1 est la préparation pour l'exécution de l'Étape 3.2. Toutes les autres étapes TRIZ fonctionnent exactement de la même manière – exécuter une étape prépare nos pensées à la réalisation des opérations des étapes suivantes.



## Étape 3.2 Intensifier la formulation du RFI

À l'Étape 3.2, l'analyse entre dans les premières phases de la génération d'une solution. Le RFI formulé à l'Étape 3.1 doit être remplacé par une des ressources décrites à l'Étape 2.3. Maintenant, un des mécanismes conçus pour surmonter l'inertie psychologique entre en jeu. Pour maîtriser ce mécanisme, il faut avoir de l'expérience et connaître les outils TRIZ. L'idée principale de la troisième partie est d'étudier les causes qui empêchent la génération de solutions qui satisfont les exigences décrites à l'étape 3.1 en utilisant une des ressources disponibles. Le mécanisme d'analyse proposé par Altshuller stimule le processus créatif subconscient et permet parfois la création de solutions partielles, tantôt farfelues et tantôt très sérieuses. L'apparition de solutions farfelues est un bon signe. Cela montre que nous surmontons progressivement l'inertie psychologique et que nous commençons à penser de manière plus ouverte, ou comme on dit aux États-Unis : « think out of the box », sortez de ce moule qui entrave notre imagination et notre pensée. Libérons-nous de ce carcan dans lequel nous étions enfermés par notre formation professionnelle, qui a développé en nous une inertie psychologique dans les limites des solutions standard de problèmes standard.

Dans toutes les professions, les solutions standard constituent une richesse et une compétence professionnelles. Elles aident les professionnels à résoudre des problèmes rapidement et efficacement jusqu'à ce qu'ils soient confrontés à un problème non standard qu'ils ne peuvent résoudre à l'aide de ces solutions. Dans de nombreux cas, l'utilisation systématique des outils TRIZ OTSM soulève un problème initial – qui semblait être non standard à l'origine - qui prend la forme d'un problème standard non seulement aux yeux des spécialistes TRIZ OTSM, mais

également aux yeux de spécialistes pointus. Cela se produit souvent à la fin de la première partie d'ARIZ. Mais, même dans de tels cas, il est utile de poursuivre jusqu'à la quatrième partie d'ARIZ. L'expérience des spécialistes TRIZ prouve que les solutions obtenues à partir de la première partie peuvent être considérablement améliorées et qu'une palette complète de solutions satisfaisantes peut être obtenue et utilisée pour la création d'une gamme de produits.

Les idées collectées dans la banque d'idées pendant la réalisation des étapes d'ARIZ ou l'application de tout autre outil TRIZ OTSM peuvent être divisées en trois groupes. Le premier groupe comporte les idées pouvant être mises en œuvre rapidement. Le second groupe renferme des idées qui nécessitent un peu de temps pour la recherche et le développement additionnels ou l'achat d'équipement par exemple. Le troisième groupe comprend des idées conservées pour le futur, des idées concernant la direction que pourrait prendre le système au cours de son développement et de nouveaux produits, services, technologies qui pourront être développées un jour.

Malheureusement, TRIZ OTSM est souvent considéré comme un outil destiné à répondre à des situations d'urgence lorsqu'une solution doit être trouvée et appliquée immédiatement. Au moment où la situation d'urgence apparaît, cela relève généralement de la compétence d'un niveau inférieur de management. Ils doivent éliminer le problème, quel qu'en soit le coût. Les banques d'idées ne relèvent pas de leur compétence, mais de celle des niveaux supérieurs de manageurs, parfois même du plus haut niveau, comme des chefs d'entreprises ou d'organisations. Les manageurs de ce niveau ne connaissent généralement pas l'existence de TRIZ OTSM et des possibilités qu'il offre au management supérieur. Les deuxième et troisième groupes de solutions ne sont qu'un avant-goût de ce que les manageurs supérieurs pourraient utiliser dans le cadre de leur difficile travail. TRIZ OTSM peut souvent offrir une assistance aux chefs de services engagés dans le développement de la stratégie et dans l'évolution d'une entreprise. Mais dans ce cas, ARIZ est inclus sous forme d'un outil OTSM plus compliqué.

Afin de rester concis, nous ne traiterons ici que de trois manières parallèles d'utiliser trois ressources : le vibreur, le coffrage et le mélange de béton.



Les débutants en TRIZ sont souvent désorientés par les expressions construites selon les règles TRIZ. En effet, du point de vue linguistique, les expressions ne sont pas vraiment correctes. L'avantage de ces phrases est que TRIZ OTSM peut jouer le rôle d'une langue interdisciplinaire pour des problèmes compliqués et/ou interdisciplinaires. Cette langue est conçue pour le travail sur des problèmes qui deviennent généralement plus compliqués avec l'utilisation de la langue ordinaire, parce que cette dernière provoque l'inertie psychologique. De plus, la langue ordinaire est bien adaptée à une utilisation en tant que moyen de communication, mais elle ne nous permet pas toujours de résoudre des problèmes efficacement. Parfois, une bonne langue littéraire entrave même la résolution de problème. Parallèlement, une bonne langue figurative apporte souvent une aide précieuse à TRIZ OTSM lorsqu'il s'agit de résoudre un problème. Les outils TRIZ OTSM créent des caractéristiques-images, c'est-à-dire des solutions partielles. La langue figurative permet de synthétiser ces caractéristiques séparées en une seule image. C'est pourquoi Tatyana Sidorchuk a développé une technologie pédagogique spéciale pour enseigner aux enfants à trouver des métaphores et à composer des énoncés métaphoriques et figuratifs. Cette méthode est actuellement utilisée par les adultes dans le domaine de la publicité pour créer des textes et des clips vidéo figuratifs. La langue standard, les expressions de tous les jours, sont souvent porteurs d'inertie psychologique. Cette inertie peut devenir un obstacle insurmontable à la résolution d'un problème. Cela signifie qu'il faut audacieusement créer des phrases conformes aux règles TRIZ OTSM, même si ces dernières ne sont pas toujours belles et n'ont pas de valeur littéraire.

## RFI-1 intensifié en utilisant la ressource « Vibreur »



Le Vibreur lui-même élimine l'effet indésirable sans compliquer le système et sans créer de phénomène indésirable : le « fort bruit » dans l'espace entourant le système de vibrateurs (c'est-à-dire à l'extérieur du coffrage) lorsque les vibrateurs fonctionnent et cognent très fortement contre le coffrage pour compacter le béton.

Mais en même temps, les vibrateurs produisent la force et l'amplitude de vibration nécessaires pour compacter le mélange de béton dans le volume complet du coffrage.

Après avoir noté la formulation de l'Étape 3.2 pour la ressource « Vibreur », il est nécessaire d'identifier les Paramètres de Contrôle de cette ressource qui déterminent le « Niveau de Bruit » et les Paramètres d'Évaluation de la « Densité du Béton ».

Dans notre cas, ces deux paramètres dépendent des Paramètres de Contrôle :

- Vibrateurs cognent avec force
- Amplitude de vibration du coffrage créée par le Vibreur.

Pouvez-vous dire quels autres paramètres influencent les deux Paramètres d'Évaluation simultanément ? Essayez de réaliser les étapes suivantes d'ARIZ avec les paramètres que vous avez proposés.

## RFI-1 intensifié en utilisant la ressource « Mélange de Béton »



Le Mélange de Béton lui-même élimine l'effet indésirable, sans compliquer le système et sans créer d'effet indésirable : le « fort bruit » dans l'espace entourant le système de vibrateurs (c'est-à-dire à l'extérieur du coffrage) lorsque les vibrateurs fonctionnent et cognent très fortement contre le coffrage pour compacter le béton.

Mais le Mélange de Béton n'empêche pas les vibrateurs de produire la force et l'amplitude de vibration nécessaires pour compacter le mélange de béton dans l'ensemble du volume du coffrage.

Après avoir noté la formulation de l'Étape 3.2 pour la ressource « Mélange de Béton », il est nécessaire d'identifier les Paramètres de Contrôle de cette ressource qui déterminent le « Niveau de Bruit » et les Paramètres d'Évaluation de la « Densité du Béton ».

Essayez de trouver les paramètres de la Ressource « Mélange de Béton » qui ont un impact sur la Densité du Béton. Faites une liste de ces paramètres.

L'étape suivante consiste à faire une liste des paramètres de la Ressource « Mélange de Béton » qui ont une influence sur le Paramètre d'Évaluation « Niveau de Bruit » de notre Système.

Comparez les deux listes et faites une liste séparée des paramètres qui ont un impact simultané sur les deux Paramètres d'Évaluation.

L'algorithme suivant peut s'avérer utile lorsque vous réalisez l'Étape 3.2 :

- Remplacez l' « Élément X » par « [Ressource] ELLE-MEME ». Le mot [Ressource] doit être remplacé par le nom d'une ressource correspondante.
- Identifiez, dans la Formulation du RFI Intensifié, les noms de deux Paramètres d'Évaluation dont les valeurs doivent respecter un niveau nécessaire.
- En utilisant vos connaissances et/ou les connaissances d'experts, identifiez une liste de Paramètres de Contrôle pour le premier Paramètre d'Évaluation. Changer les valeurs des Paramètres de Contrôle peut changer les valeurs des Paramètres d'Évaluation.
- De la même manière, créez une liste de Paramètres de Contrôle qui vous permettront de changer les valeurs du deuxième Paramètre d'Évaluation.
- Comparez les deux listes de Paramètres de Contrôle et identifiez ceux qui vous permettent de changer les deux Paramètres d'Évaluation. Ils seront utilisés ultérieurement pour réaliser les Étapes 3.3 et 3.4 d'ARIZ.



- L'absence de membres communs dans les listes des paramètres est un des signes que le problème peut être résolu en changeant les paramètres correspondants de ce Paramètre d'Évaluation qui doit être amélioré pour fournir la meilleure performance possible du Processus Principal de Production (l'Objectif Principal pour lequel le problème donné doit être résolu).

Il faut souligner que le Principal Processus de Production (le But Ultime de la résolution du problème donné) est la fonction de l'un des super-problèmes situés dans l'Opérateur Système 3 ou 4 niveaux au-dessus du niveau du système où le problème donné est en train d'être résolu. Lorsque l'on décrit une situation problématique initiale et que l'on sélectionne un Produit et un Outil à l'Étape 1.2, il ne faut pas confondre Processus Principal de Production (PPP) et Fonction Principale d'un système donnée à l'Étape 1.1.

Comme pour d'autres recommandations additionnelles concernant la réalisation des étapes d'ARIZ, cet algorithme a été proposé au cours de la recherche sur la transformation de TRIZ Classique et de ses outils en OTSM et ses outils.

OTSM a développé des procédures détaillées et similaires pour chaque étape d'ARIZ. Leur description détaillée n'entre pas dans le cadre de ce livre. Maîtriser ces procédures constitue le principal processus de production de l'assimilation d'ARIZ. Cet examen fait partie du système d'enseignement approfondi des secrets d'ARIZ, comme les vibrations du béton font partie de la production de conduits en béton de grand diamètre utilisés à leur tour pour construire des pipelines. Installer un pipeline est le Processus Principal de Production (PPP) et la raison pour laquelle les vibrateurs compactent le béton.

En réalisant, en coopération avec des spécialistes, une liste de paramètres qu'il est possible d'utiliser pour modifier la densité du béton, il est possible d'en trouver certains qui permettent d'augmenter la densité du béton sans produire de bruit. Cela nous guide vers l'idée de produire le béton auto-compactant, que nous connaissons bien aujourd'hui. Mais le problème est apparu il y a de nombreuses années, lorsque ce type de béton n'existe pas. Créer un tel béton nécessitait des activités de recherche et de développement. Le problème c'est que l'usine dans laquelle ce problème est apparu ne disposait pas de département R&D. De plus, la situation était urgente et une solution comprenant le moins de changements possibles devait être rapidement trouvée.

Comme nous l'avons vu, ARIZ nous livre d'intéressantes idées. Parfois, certaines de ces idées nous semblent irréalisables dans les conditions présentes au moment de leur apparition. L'histoire de TRIZ et d'OTSM regorge d'exemples où des idées de ce type ont été rejetées au moment de leur apparition, mais mise en œuvre plus tard.

Il convient de noter que l'application d'ARIZ entraîne souvent une multitude d'idées que l'on peut classer dans trois groupes.

- **Le premier groupe** comprend les idées immédiatement acceptées pour la mise en œuvre.
- **Le deuxième groupe** comprend les idées qui nécessitent de petites modifications ou des acquisitions. Ou bien, il est juste nécessaire d'attendre le moment propice dans la vie de l'entreprise, par exemple un changement dans l'équipement de production (de nouveaux moules pour la production de pièces en plastique).
- **Le troisième groupe** comprend les idées qui nécessitent beaucoup de temps et d'investissement. Certaines de ces idées peuvent sembler fantastiques ou irréalistes. Cependant, de telles idées doivent être placées dans une banque d'idées spéciale. Après un certains temps, ces idées seront analysées avec des méthodes TRIZ Classique ou OTSM conçues pour transformer l'irréel en quelque chose pouvant être mis en œuvre dans certaines conditions.

Les idées fantastiques ou irréelles doivent être compilées et faire l'objet de discussions, ne se rait-ce que parce qu'elles éliminent l'inertie psychologique et aident à créer une image du Résultat le Plus Désiré (RPD) que nous essayons d'obtenir. Décrire comment cela se passe et quels outils sont utilisés n'entre pas dans le cadre de cet examen et est l'objet de cours plus intenses sur TRIZ Classique et OTSM.

### **RFI-1 intensifié en utilisant la ressource « Coffrage »**



Le Coffrage lui-même élimine l'effet indésirable, sans compliquer le système et sans créer d'effet indésirable : le « fort bruit » dans l'espace entourant le système de vibrateurs (c'est-à-dire à l'extérieur du coffrage) lorsque les vibrateurs fonctionnent et cognent très fortement contre le coffrage pour compacter le béton.

Mais le Coffrage n'empêche pas les vibrateurs de produire la force et l'amplitude de vibration nécessaires pour compacter le mélange de béton dans l'ensemble du volume du coffrage.

À première vue, cette formulation n'apporte rien de plus que ce que nous savons déjà. Mais il s'agit là d'une vue superficielle, parce qu'ARIZ est un outil que l'on utilise pour penser, et non pas un outil qui remplace la pensée.

Considérons cette formulation, produite de manière formelle, étape après étape. Une des caractéristiques remarquables d'ARIZ est que l'on peut réaliser toutes les étapes de manière formelle, sans pour autant faire un pas dans la direction de la résolution. Ainsi, après avoir réalisé chaque étape, il est nécessaire de jeter un coup d'œil en arrière, d'observer les choses sous un autre angle, de voir quelles retouches peuvent être faites sur l'image, de voir quelle nouvelle compréhension il est possible de tirer du diagramme ou de la formulation obtenus grâce à la réalisation de l'étape.

Faisons ce travail ensemble :

***La question que le Développeur se pose à lui-même ou à des experts :***  
*Quand est-ce que le coffrage ne produira pas bruit ?*

***La réponse du Développeur à lui-même*** (fondée sur sa propre connaissance ou sur la connaissance qu'il acquiert grâce à des experts capables de répondre à cette question)

*Le coffrage ne produira pas de bruit s'il n'est pas soumis à la déformation et qu'il ne fonctionne pas comme une membrane produisant des vibrations d'air dans l'espace autour du coffrage.*

***La question que le Développeur se pose à lui-même ou à des experts :***  
*Quand est-ce que le coffrage empêchera les « vibrateurs » de transmettre l'énergie nécessaire pour produire des vibrations de béton d'une amplitude et une force nécessaires pour le béton ?*

***La réponse :***

*Le Coffrage n'empêchera pas la transmission des vibrateurs au béton s'il est absent du flux énergétique.*

***Réfléchissons aux réponses à ces questions :***

*Dans le système initial, le coffrage joue le rôle de transmission en transmettant l'énergie des vibrateurs au béton. C'est pourquoi il avance et recule en raison de l'action de l'impact des vibrateurs et de la tension élastique produite par ces impacts. Ces mouvements (vibration) du coffrage provoquent la vibration du béton dans le coffrage et de l'air autour du coffrage.*

*Nous n'avons pas besoin de vibration autour du coffrage, mais nous avons besoin de la vibration du béton dans le coffrage.*

*Le coffrage ne vibrera pas si les vibrateurs ne le touchent pas. Mais les vibrateurs doivent le toucher pour transmettre de l'énergie au béton.*

***Conclusion :***

*Si le coffrage n'est pas soumis aux vibrations, il n'y a pas de bruit, mais il sera nécessaire de réaliser la transmission d'énergie à travers le coffrage – des vibrateurs au béton.*



*En d'autres termes, l'énergie devrait être transmise à travers le coffrage sans y produire de vibrations.*

Il est très important de noter que reformuler une pensée plusieurs fois en utilisant d'autres mots est l'un des mécanismes permettant de reconsidérer des idées (modèles) déjà disponibles à propos d'une situation initiale. Ce mécanisme permet également de stimuler les processus créatifs subconscients en utilisant la conscience du développeur lui-même. De plus, la reformulation (utilisation d'autres mots) et l'utilisation de l'imagination ou des dessins (visualisation) pour représenter une situation problématique initiale et une situation devant être atteinte par le processus de résolution du problème, sont des mécanismes permettant de surmonter l'inertie psychologique et de détruire des stéréotypes de pensée, qui sont des obstacles à la résolution du problème.

Pour lutter contre l'inertie psychologique, il est nécessaire de remplacer les termes professionnels par des termes simples et fonctionnels. Cela devrait être fait dès la première étape d'ARIZ et pendant toute l'analyse. Nos stéréotypes insistent sur l'utilisation de termes professionnels. La terminologie professionnelle est certes un bon outil lorsque l'on travaille sur des problèmes professionnels standard, mais lorsque l'on travaille sur des problèmes non-standard, cette terminologie est l'un des plus grands obstacles à l'obtention d'une solution. Les termes professionnels produisent des images floues, alors que la résolution d'un problème requiert l'utilisation d'images flexibles, dynamiques et fonctionnelles.

Dans notre cas, il est utile de remplacer le terme « vibreur » par le terme « générateur d'énergie de vibration ». Le terme « coffrage » peut, par exemple, être remplacé par le terme « moule à béton ».

#### **Suite de la Conclusion (Solution Partielle) :**

*Les vibreurs et le coffrage doivent donc être modifiés de manière à être capables, d'une part, de remplir toutes leurs fonctions et, d'autre part, de supprimer les phénomènes négatifs sans causer de nouveaux effets indésirables. Le coffrage et les vibreurs doivent changer sans changer, c'est-à-dire qu'ils doivent changer, mais qu'ils ne doivent pas produire de phénomènes néfastes et qu'ils doivent rester en mesure de remplir leurs fonctions.*

*Les Paramètres (Caractéristiques, Propriétés) du « Coffrage » qui affectent à la fois le bruit autour du coffrage et la qualité du béton :*

- *Flexibilité du Coffrage*
- *Susceptibilité à l'énergie mécanique*
- *Rigidité, dureté, la capacité de servir d'atténuateur.*

Les étapes et règles d'ARIZ dirigent efficacement notre réflexion. C'est pourquoi l'enseignement de TRIZ se contente d'apprendre aux élèves à comprendre (à ressentir d'après certains professionnels) comment, où et quand ARIZ dirige notre pensée créative subconsciente. Par conséquent, une utilisation régulière d'ARIZ provoque le développement d'une pensée parallèle le long des axes (sous-espaces de paramètres) de l'Opérateur Système : la Hiérarchie de niveaux de système (sous-espaces des paramètres du niveau du système) ; Caractéristiques dépendant du temps de systèmes à différents niveaux – l'axe du Temps (sous-espace de paramètres) ; l'axe Antisystème (sous-espace de systèmes qui défient notre système, entravent son fonctionnement et stimulent son développement).



Il convient de noter que l'Opérateur Système est un contenu bien plus profond du modèle qui – pour quelqu'un qui en a une connaissance superficielle - est un « Schéma à Neuf Écrans ». Selon le concept de G.S. Altshuller, ARIZ n'est pas tant un outil de résolution de problème qu'un outil permettant de développer la Pensée-Système basée sur l'Opérateur Système de TRIZ Classique. En développant notre capacité à utiliser ces outils de pensée, nous développons également des compétences de résolution de problème complexe. Cela est très important pour la

maîtrise d'ARIZ. Une personne peut bien être capable de se souvenir de toutes les règles et de tous les commentaires d'ARIZ, ainsi que de tous les exemples classiques d'application d'ARIZ, mais être incapable d'utiliser ARIZ en pratique.

La pensée basée sur ARIZ ou sur l'Opérateur Système de TRIZ Classique ne peut être développée que grâce à l'entraînement impliquant des résolutions pratiques et des problèmes de la vie réelle. Il ne suffit pas de comprendre la logique de fonctionnement d'ARIZ. ARIZ est un outil qui permet au développeur d'activer, de nourrir et de diriger son propre processus créatif subconscient. ARIZ propose des règles de travail avec des connaissances issues de divers domaines, ainsi que des règles pour intégrer cette connaissance à la méthode. Grâce à cela, un problème spécifique peut être résolu dans un contexte spécifique mais grâce à une procédure universelle commune.

Les adultes ne comprennent et n'assimilent ARIZ qu'en étant confrontés à des problèmes pratiques, le rôle de l'enseignant étant similaire à celui d'un instructeur de vol. Tout d'abord, un futur pilote étudie des règles de vol séparées sur un simulateur d'entraînement. Ensuite, il monte dans un avion et pose sa main sur le levier de commande. Ensuite, l'instructeur autorise le débutant à piloter l'avion, mais il est prêt à reprendre les commandes de l'avion si nécessaire. Tandis que les compétences de l'apprenti-pilote se développent, l'interférence de l'instructeur dans le processus de contrôle du vol devient de plus en plus rare. Finalement, le pilote débutant est autorisé à piloter seul sans la supervision de l'instructeur. Le développement plus avant des compétences s'effectue indépendamment, par la pratique permanente dans le ciel et sur le sol. C'est la même chose avec l'enseignement d'ARIZ.

Un spécialiste TRIZ professionnel conduit un débutant à travers ARIZ, étape après étape. Lorsque de bonnes compétences d'application d'ARIZ commencent à se développer chez le débutant, il peut réaliser de plus en plus d'étapes ARIZ tout seul. Le processus de maîtrise d'ARIZ présente plusieurs phases : la prise de contact avec les règles et les étapes ARIZ ; l'application d'ARIZ à des problèmes d'entraînement et le développement progressif de compétences pour la résolution d'étapes séparées jusqu'au niveau de l'assimilation complète d'ARIZ. La deuxième phase comporte deux sous-phases : dans la première sous-phase, l'étudiant commence à utiliser les règles et les étapes ARIZ au niveau subconscient, sans en être conscient. La deuxième sous-phase est caractérisée par la transition vers la réalisation consciente des étapes ARIZ à un niveau subconscient. Ainsi, l'étudiant apprend à utiliser délibérément le mode de pensée ARIZ dans sa vie quotidienne, professionnelle et privée. C'est plus ou moins la même chose qu'avec une langue étrangère que l'on utilise comme deuxième langue en-dehors de notre pays d'origine.

Nous avons montré comment un problème initial est divisé en sous-problèmes à l'Étape 2.3, chacun de ces sous-problèmes illustrant la possibilité de résolution du problème initial en utilisant une ressource ou une autre.

On peut dire que l'apprentissage d'ARIZ se réduit au développement de la capacité de voir, de comprendre et d'accepter les modifications progressives d'une situation problématique, ainsi que des formulations du problème et ses solutions partielles qui semblent parfois irréalistes. Ces formulations semblent parfois stupides, infaisables, inaccessibles ou impossibles aux yeux des débutants. Lorsqu'ils gagnent de l'expérience de l'application d'ARIZ et de TRIZ en général, ils commencent à comprendre que résoudre un problème non standard nécessite de franchir les limites de ce qui est possible et de ce qui est impossible.

Ces nouveaux problèmes et solutions partielles doivent être examinés attentivement pour surmonter l'inertie psychologique.

Pour traiter ces problèmes nouveaux et apparemment sans solution, et qui plus est, avec des solutions apparemment irréalistes ou inapplicables, il serait utile d'utiliser l'Axiome OTSM de l'Impossible et les outils correspondants pour l'application pratique de cet Axiome théorique.

Ces outils nous aident à surmonter nos préjugés concernant le possible et l'impossible dans la



vie réelle. Ces outils nous permettent de transformer l' « impossible » en « possible ». Une description plus détaillée de ces outils n'entre pas dans champ de cette brève introduction à ARIZ. Une attention toute particulière devrait être portée sur le fait qu'un problème non standard apparaît simplement parce des solutions standard réelles et éprouvées ne sont pas adaptées dans le contexte de la situation spécifique. Pour trouver une solution, nous devons franchir les limites des stéréotypes du possible et de l'impossible. C'est pour cette raison que nous ne devons pas rejeter les idées inhabituelles juste parce qu'au début elles semblent impossibles. Par exemple, pendant l'exécution d'un projet, chaque réunion des spécialistes de l'entreprise et des spécialistes TRIZ commençait et terminait de la même manière. Tout d'abord, les spécialistes TRIZ présentaient à leur public le résultat de l'analyse de la situation problématique et certaines des idées obtenues grâce à cette analyse. À chaque fois, les premiers mots des spécialistes de l'entreprise étaient que ces idées ne valaient pas la peine d'être approfondies, que jamais personne n'avait fait ça de cette manière.

Et à chaque fois, après une demi-heure d'analyse des raisons pour lesquelles une solution partielle ne pouvait pas être mise en œuvre, il apparaissait clairement que quelque chose pouvait être fait dans cette direction et que la solution pouvait, d'une manière ou d'une autre, être appliquée. De ce point de vue-là, ce projet n'était pas unique. Cette situation n'est pas rare. Ce qui était unique, c'était le fait que les spécialités de l'entreprise répondraient aux questions quasiment immédiatement, réalisaient les expérimentations mentales nécessaires et semblaient impatients de discuter de ces solutions apparemment si étranges. Cela faisait six ans qu'ils travaillaient sur le problème et qu'ils avaient effectué de nombreuses expérimentations et gagné de l'expérience à propos de l'essence et des composants d'un problème. Malheureusement, cette situation n'est pas fréquente.

La seconde raison pour laquelle ce projet peut être considéré comme un projet unique est qu'une solution inattendue a été obtenue et acceptée par les spécialistes. Il aura fallu beaucoup plus de temps pour convaincre les manageurs de l'entreprise. Finalement les manageurs conclurent que la solution était très intéressante et utile, et qu'elle devait être brevetée. Pendant la procédure de dépôt du brevet, il apparut que pendant que dans cette entreprise il était question d'accepter la solution, un brevet similaire avait été déposé par une des entreprises concurrentes. Une conclusion importante est que le travail innovant et réussi d'une entreprise requiert une culture de l'innovation au sein de l'entreprise. Disposer de méthodes efficaces de résolution de problème ne suffit pas. L'utilisation efficace des idées innovantes produites dans les entreprises requiert la création d'un système spécial de travail sur l'innovation. L'activité d'innovation diffère des activités quotidiennes de l'entreprise. L'expérience de mes collègues – des spécialistes TRIZ – prouve qu'aujourd'hui les entreprises ne sont pas prêtes à travailler dans les conditions d'innovation permanente telles que dictées par le marché.

La transition du traitement de problèmes séparés d'innovation vers un contrôle systématique du flux de tels problèmes peut s'avérer un avantage compétitif significatif pour une entreprise. Un tel travail nécessite une culture de l'innovation qui se distingue des principes sous-jacents des cultures d'entreprise actuelles. Les entreprises qui seront les premières à résoudre les problèmes entre la culture existante et la culture d'innovation gagneront du terrain sur leurs concurrents.

La troisième particularité du projet était que la discussion sur ces coïncidences accidentnelles avec mes anciens collègues, des professionnels TRIZ, a révélé une tendance selon laquelle ces coïncidences sont de plus en plus fréquentes. Ce qui n'avait pas été remarqué par un spécialiste TRIZ est devenu évident pour un groupe de professionnels dont chaque membre avait plus de 25 ans d'expérience dans le domaine de TRIZ. L'impression est que les entreprises commencent à utiliser de plus en plus fréquemment des éléments TRIZ dans leur travail, ce qui leur permet de trouver des solutions efficaces à leurs problèmes. Les solutions brevetées par ces entreprises sont de plus en plus difficiles à contourner, même en utilisant les outils TRIZ. Cela

entraîne un avantage compétitif supplémentaire. Parmi d'autres choses, l'utilisation systématique d'éléments TRIZ parallèlement à une culture d'innovation permet à ces entreprises d'organiser un flux permanent d'innovations dans le domaine des biens et des services, mais également au sein de l'entreprise elle-même. Dans les conditions actuelles de concurrence féroce à travers le monde et avec un marché en rapide mutation, il n'est pas possible de faire des affaires de manière hasardeuse. Les tentatives et les erreurs hasardeuses sont coûteuses pour les entreprises. Le problème de la rapidité et de la réussite de l'innovation se fait de plus en plus pressant.

Cela ne semble pas lié au sujet du document – une brève introduction à ARIZ.

Cependant, comme nous l'avons déjà dit ci-dessus, travailler en suivant les règles ARIZ nous apporte une série de solutions fortes, efficaces et avancées. Ces solutions peuvent être réparties dans trois groupes : solution à mettre en œuvre « aujourd'hui », « demain » et dans un « futur prévisible ». C'est une sorte de prévision de produit pour l'entreprise. Mais aujourd'hui, cela se produit au niveau des sous-divisions tandis que les manageurs, en raison de leur position, ne s'intéressent qu'à la mise en œuvre immédiate des solutions obtenues, sans réfléchir à l'avenir de leur entreprise et de leur activité. Des résultats importants pour la planification stratégique sont jetés aux oubliettes. C'est pour collectionner, organiser et analyser ce type d'information qu'il faut une nouvelle culture d'entreprise qui englobe tous les niveaux de l'entreprise. Les futurs dirigeants d'entreprises innovantes et prospères commencent à travailler aujourd'hui. Ils repensent la culture d'entreprise existante et planifient sa transformation graduelle mais efficace en une culture d'entreprise innovante. ARIZ, TRIZ Classique et OTSM peuvent apporter une contribution significative à la résolution de ce difficile problème de management. Créer des entreprises innovantes et hautement efficaces, équipées de la culture d'entreprise correspondante, est un défi sérieux lancé aux manageurs en ce début de 21<sup>ème</sup> siècle. C'est un sujet très intéressant où la pensée « façon ARIZ » peut livrer de nouvelles idées et tendances. Alors, retournons donc à ARIZ.



4.1.2 – Modèle d'un Système Technique Minimal

## 4 Analyse Su-Field et Solutions Standard

### 4.1 – ANALYSE SU-FIELD ET SOLUTIONS STANDARD : NOTIONS ET RÈGLES DE BASE

#### Définition

L'analyse Su-Field est une technique de modélisation TRIZ dont l'objectif est de représenter le comportement d'un Système Technique en termes d'éléments et d'interactions.

Les Solutions Standard sont un système de prescription pour la synthèse et la transformation d'un modèle Su-Field visant la résolution d'un problème technique.



#### Théorie

La Fonction d'un Système Technique (ST) est la motivation de son existence. Au niveau de la Structure, un ST est constitué d'éléments, des attributs de ces éléments et de relations entre eux (voir également modèle ENV).

La modélisation Su-Field est une technique dont l'objectif est de représenter des éléments et interactions caractérisant le comportement d'un système technique. Un modèle Su-Field est donc un moyen d'analyser un système technique et de représenter les problèmes en termes d'interactions manquantes, insuffisantes ou non désirées ou d'inefficacités.

Un problème représenté à l'aide d'un modèle Su-Field peut être abordé par le système des Solutions Standard qui suggère des transformations du modèle Su-Field capables d'améliorer la performance du système technique et/ou d'éliminer ses effets non désirés.

#### Modèle

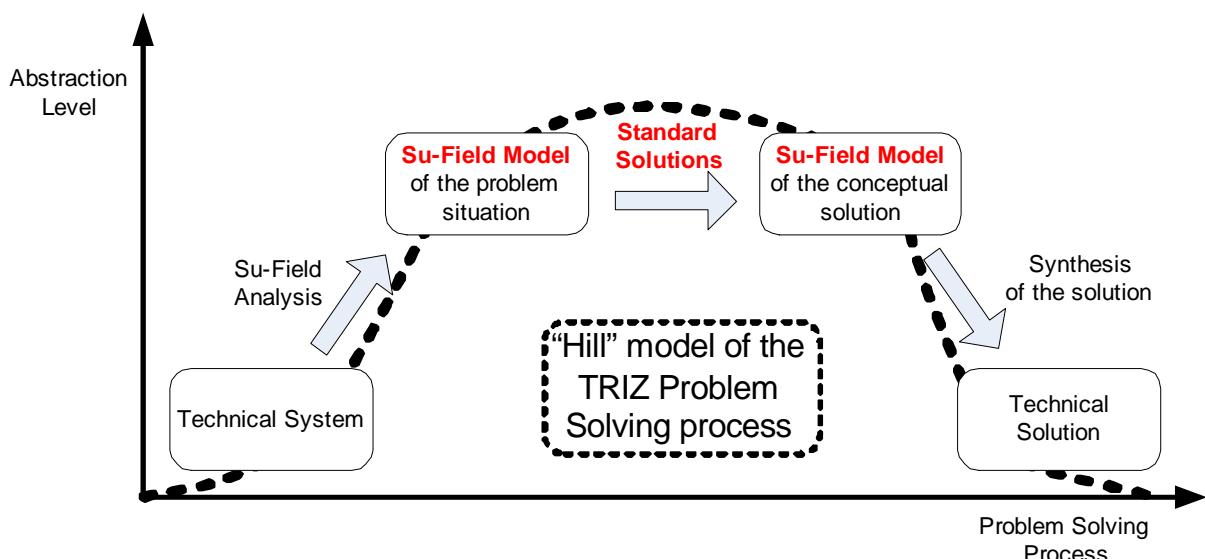


Figure 1.a – Modèle « Montagne du processus » de Résolution de Problème TRIZ et le rôle de la modélisation Su-Field et des Solutions Standard.

#### Traduction Figure 1.a.

Niveau d'abstraction - Processus de Résolution de Problème - Système Technique - Analyse Su-Field - Modèle Su-Field de la Situation Problématique - Solution Standards

Modèle Su-Field de la Solution Conceptuelle - Synthèse de la Solution - Solution Technique

## Méthode

Le processus de résolution de problème basé sur l'adoption de la Solution Standard comporte les différentes étapes suivantes (Figure 1.a) :

- \* Décrire le problème à résoudre en utilisant des termes généraux (les termes techniques sont de puissants vecteurs d'inertie psychologique) – Identifier les critères d'évaluation / de sélection à appliquer aux idées générales.
- \* Construire un modèle Su-Field de la situation problématique (processus d'abstraction).
- \* Sélectionner les Solutions Standard les plus appropriées pour aborder la situation problématique d'après les caractéristiques du modèle Su-Field (2.2 - Classification des Solutions Standard). Identifier le modèle Su-Field de la solution conceptuelle.
- \* Générer une solution pratique au problème décrit à l'Étape 1 en appliquant la solution de l'Étape 3 en fonction des Ressources Substance-Champ disponibles dans la situation spécifique.

## Exemple

### Situation problématique :

Les possibilités agricoles doivent être améliorées dans une région à la terre sablonneuse. Grâce à un système de canalisations, de l'eau de rivière a été massivement distribuée dans les champs, mais la croissance des plantes demeure trop lente.

Que doit-on faire ?

### Étape 1 :

Nous voulons augmenter la vitesse de croissance de certaines plantes dans une région sablonneuse. Les plantes sont correctement irriguées, mais leurs besoins nutritionnels ne sont pas couverts.

### Étape 2 :

Un modèle Su-Field de la situation problématique est créé conformément aux instructions de la Section 1.2 – Modèle d'un Système Technique Minimal (Figure 1.b) : il n'y a pas suffisamment d'interactions utiles entre la terre et la plante par le biais d'un champ chimique.

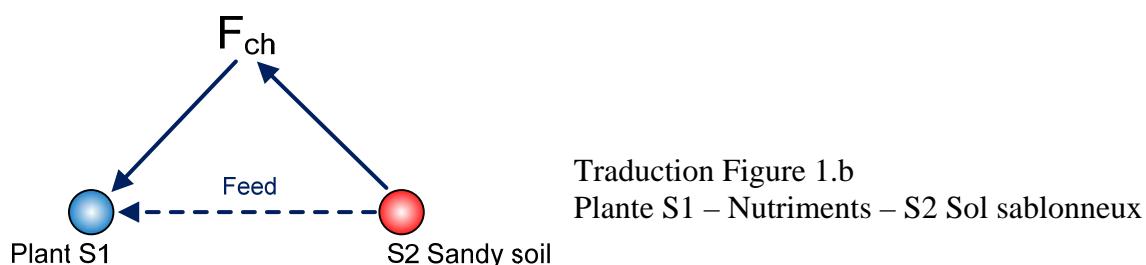


Figure 1.b – Modèle Su-Field de la situation problématique

### Étape 3 :

Pour améliorer l'effet positif d'une interaction Su-Field, il est conseillé de prendre en compte les Solutions Standard appartenant à la Classe 1.1 (2.2 - Classification des Solutions Standard). Le premier Standard pertinent est le numéro 1-1-2 : améliorer les interactions en introduisant des additifs dans les objets (Figure 1.c).

# tεTRIS

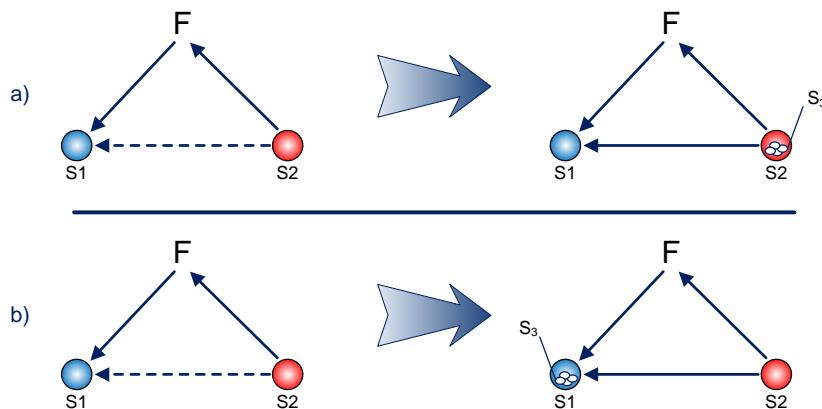


Figure 1.c – STANDARD 1-1-2 : Améliorer les interactions en introduisant des additifs dans les objets.

Les modèles Su-Field de la partie droite de la Figure 1.c représentent des solutions conceptuelles au problème décrit à l’Étape 1 et formalisé à l’Étape 2.

En adoptant une approche similaire, d’autres solutions conceptuelles pourraient être identifiées en appliquant d’autres Standards.

#### Étape 4 :

Pour produire une solution pratique à partir du modèle de solution conceptuelle, il est nécessaire de prendre en compte la situation spécifique (Figure 1.d). Il convient de mentionner qu’une interprétation alternative de la même Solution Standard indiquerait l’introduction d’additifs dans la plante (Figure 1.c ci-dessous).

Quel type de Substance  $S_3$  peut être ajouté au sol sablonneux pour améliorer son interaction chimique avec la plante ?

Un engrais pourrait apporter l’amélioration désirée.

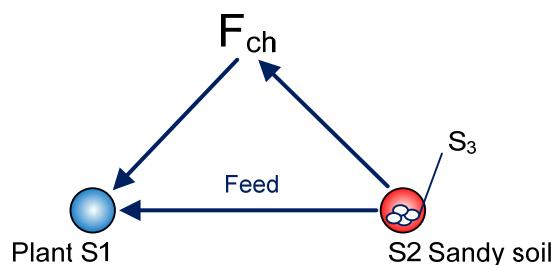


Figure 1.d – Exemple d’application du Standard 1-1-2 au modèle Su-Field de la Figure 1.b : l’interaction peut être améliorée en introduisant des additifs dans le sol (Figure 1.c, ci-dessus).

#### Références

- [1] VV.AA.: *Un fil dans le labyrinthe* (en russe). Petrozavodsk: Karelia, 1988. ISBN 5-7545-0020-3.



## 4.1.1 – ÉLÉMENTS D'UN SYSTÈME TECHNIQUE MINIMAL



4.1.1.1 – TYPES DE CHAMPS ET SYMBOLES CORRESPONDANTS

4.1.1.2 – TYPES D'INTERACTIONS ET SYMBOLES CORRESPONDANTS

### Définition



Le système technique minimal capable de remplir une certaine fonction doit comporter trois éléments : deux substances et un champ.

Une Substance est un élément d'un système (une partie de base ou un sous-système complexe) qui peut être impliqué dans une interaction fonctionnelle avec d'autres substances, à la fois en tant que porteur de la fonction et objet de la fonction.

Un Champ (Field) est une interaction caractérisée par un flux d'énergie (de tout type), un flux d'information ou une force mécanique etc. et générée par une substance ayant un impact potentiel sur d'autres substances.

### Théorie

Les éléments essentiels d'une interaction fonctionnelle sont un porteur de la fonction (outil de travail), un objet de la fonction ou un champ. Le porteur de la fonction et l'objet sont tous deux appelés Substances.

En termes de TRIZ, une Substance peut être un système de tout niveau de complexité, d'un article élémentaire unique (par ex. une épingle, une balle, une particule de poussière) à un assemblage complexe (par ex. un avion, un ordinateur portable, un satellite).

Quelle que soit la complexité du système, son interaction avec d'autres substances requiert nécessairement la présence d'au moins un Champ, c'est-à-dire d'un flux d'une énergie quelconque, un flux d'information, une force, etc.

Il y a différents types de Champs (1.1.1- Types d'interactions et symboles correspondants) ainsi que différents types d'interactions entre deux substances (1.1.2 – Types de Champs et symboles correspondants).



### Références

- [1] VV.AA.: *Un fil dans le labyrinthe* (en russe). Petrozavodsk: Karelia, 1988. ISBN 5-7545-0020-3.

#### 4.1.1.1 – TYPES DE CHAMPS ET SYMBOLES CORRESPONDANTS

##### Définition

Champ Gravitationnel : la force naturelle d'attraction entre deux corps importants qui est directement proportionnelle au produit de leurs masses et inversement proportionnelle au carré de la distance entre eux.



Champ Mécanique : interaction correspondant à – ou bien régie par – la mécanique, c'est-à-dire les forces exercées sur la matière ou les systèmes matériels (friction, inertie, élasticité, poussée, flottabilité, pression des fluides).

Champ Acoustique : interaction provenant de, produite par, contenante, produisant ou liée aux ondes sonores, y compris en dehors de la gamme de fréquences audibles.

Champ Thermique : interaction liée au transfert de chaleur de tout type (conduction, convection, radiation).

Champ Chimique : interaction liée à la composition, la structure, les propriétés et les réactions d'une substance.

Champ Électrique : phénomènes physiques provoqués par le comportement d'électrons et de protons causé par l'attraction des particules avec des charges opposées et la répulsion de particules avec la même charge.

Champ Magnétique : force exercée entre deux pôles magnétiques, produisant ainsi la magnétisation.

Champ Électromagnétique : interactions liées à la génération, la propagation et la détection de radiation électromagnétique présentant une longueur d'ondes supérieure aux rayons X, par ex. la lumière et la vision.

Champ Biologique : interactions liées à, causées par ou affectant la vie ou les organismes vivants, par ex. la fermentation ou la décomposition.

Champ Nucléaire : interactions liées aux forces, réactions et structures internes de noyaux atomiques, par ex. la fusion, la fission, les rayons.

##### Théorie

Un Champ est une interaction caractérisée par un flux d'énergie (de tout type), un flux d'information, une force mécanique, etc. généré par une substance, ayant un impact potentiel sur d'autres substances. Le type de champ est défini par la nature de l'interaction entre deux substances. Il convient de mentionner que les définitions des types de champ empiètent parfois les unes sur les autres : un champ biologique peut également être considéré comme un champ chimique à un niveau de détail plus élevé; la chaleur transférée par radiation peut être considérée comme un champ thermique et comme un champ électromagnétique.

Cependant, une telle ambiguïté n'a d'impact ni sur l'utilisabilité, ni sur l'efficacité de la technique de modélisation si une définition cohérente est utilisée tout au long de l'analyse d'un certain système technique.

## Modèle

Type de Champ	Symbol
Gravitationnel	$F_{Gr}$
Mécanique	$F_{Mec}$
Acoustique	$F_{Ac}$
Thermique	$F_{Th}$
Chimique	$F_{Ch}$
Électrique	$F_{El}$
Magnétique	$F_M$
Électromagnétique	$F_{EM}$
Biologique	$F_B$
Nucléaire	$F_N$

Figure 1.1.1.a – Types de champs et symboles correspondants.

## Exemple



Type de champ	Exemples
Gravitationnel	Gravité, attraction entre les planètes
Mécanique	Friction, pression, inertie
Acoustique	Ondes sonores, ultrasons
Thermique	Échange de chaleur par conduction, convection, radiation
Chimique	Oxydation, solution, combustion, réduction, liaison
Électrique	Électrostatique, induction électrique
Magnétique	Magnétostatique, induction magnétique
Électromagnétique	Lumière, laser, micro-ondes, rayons X, rayons gamma
Biologique	Fermentation, décomposition
Nucléaire	Fusion nucléaire, fission nucléaire

Figure 1.1.1.b – Exemples de champs.

## Auto-évaluation

### Exercice 1



Analysez les interactions suivantes entre les substances ; identifiez le type de champ et indiquez le symbole approprié :

1. Un balai qui balaie le sol ;
2. Un réfrigérateur qui rafraîchit une bouteille d'eau ;
3. Une radio qui joue de la musique ;
4. Un four qui rôtit un poulet ;
5. Une peinture qui colore un mur ;
6. Une lampe qui illumine une grotte ;
7. La flamme d'une allumette qui allume une cigarette ;
8. L'orientation qui fait tourner l'aiguille d'une boussole ;
9. Un marteau qui enfonce un clou ;
10. Un légume qui moisit ;

11. Du sucre dissout dans une tasse de café ;  
 12. Un neutron ajouté à un noyau d'hydrogène.

Réponse 1 :

Interaction	Type de champs	Symbol
Un balai qui balaie le sol	Mécanique (force de poussée)	$F_{Mec}$
Un réfrigérateur qui rafraîchit une bouteille d'eau	Thermique (convection)	$F_{Th}$
Une radio qui joue de la musique	Acoustique (ondes sonores)	$F_{Ac}$
Un four qui rôtit un poulet	Thermique (radiation) ou Électromagnétique (infrarouge)	$F_{Th} - F_{EM}$
Une peinture qui colore un mur	Chimique (adhésion)	$F_{Ch}$
Une lampe qui illumine une grotte	Électromagnétique (lumière)	$F_{EM}$
La flamme d'une allumette qui allume une cigarette	Chimique (combustion)	$F_{Ch}$
L'orientation qui fait tourner l'aiguille d'une boussole	Magnétique (champ magnétique de la Terre)	$F_M$
Un marteau qui enfonce un clou	Mécanique (force d'impact)	$F_{Mec}$
Un légume qui moisit	Biologique (décomposition)	$F_B$
Du sucre dissout dans une tasse de café	Chimique (solution)	$F_{Ch}$
Un neutron ajouté à un noyau d'hydrogène	Nucléaire (fusion)	$F_N$



### Références

- [1] VV.AA.: *Un fil dans le labyrinthe* (en russe). Petrozavodsk: Karelia, 1988. ISBN 5-7545-0020-3.

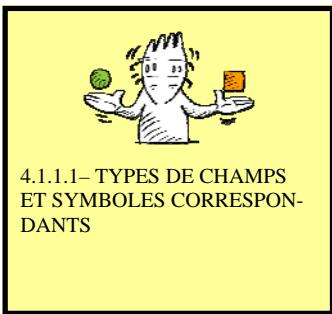




## 4.1.1.1 – TYPES DE CHAMPS ET SYMBOLES CORRESPONDANTS



## 4.1.1.2 – TYPES D'INTERACTIONS ET SYMBOLES CORRESPONDANTS



### Définition

Considérons deux Substances qui interagissent,  $S_1$  et  $S_2$ , de manière que  $S_2$  exerce un certain impact sur un PE propriété (Paramètre d'Évaluation) de  $S_1$ .

Action utile : Une action est comme considérée utile lorsque l'impact sur le PE est désiré.

Action néfaste : Une action est considérée comme néfaste lorsque l'impact sur le PE est non désiré ou va dans la mauvaise direction.

Action insatisfaisante ou incomplète : Une action utile est considérée comme insatisfaisante ou incomplète lorsque l'impact sur le PE est inférieur à la valeur désirée.

Action manquante : Une action utile est considérée comme manquante lorsque l'impact attendu sur le PE est potentiellement disponible mais pas mis en œuvre dans le système.

Action incontrôlée : Une action utile est considérée comme incontrôlée lorsque la fourchette des valeurs prises par le PE est trop large.

Action excessive : Une action utile est considérée comme excessive lorsque l'impact sur le PE excède la valeur désirée.

Action superflue : Une action utile est considérée comme superflue lorsque l'impact sur le PE n'est pas nécessaire au fonctionnement du système, mais qu'il ne cause aucun dommage.

### Théorie

Une fonction est caractérisée par un porteur de fonction (en jargon TRIZ un « outil »), une action et un objet bénéficiant de la fonction. L'action est correctement définie si elle peut être exprimée comme une combinaison d'un verbe parmi les verbes augmenter, réduire, changer et stabiliser, avec le nom d'une propriété de l'objet (modèle ENV). La propriété de l'objet, par ex. la taille, la couleur, la conductivité électrique ou la forme, est fixée à une certaine valeur, par ex. un mètre, rouge, cinq siemens par mètre ou sphérique, due à l'impact de la fonction. Si la modification de la propriété de l'objet est désirée, la fonction est considérée comme utile ; lorsque la propriété n'est pas désirée, la fonction est considérée comme néfaste. Si la propriété de l'objet prend exactement la valeur attendue, nous avons une fonction suffisamment utile parmi les fonctions utiles ; si la valeur de la propriété est inadéquate, la fonction est considérée comme utile mais insuffisante.

### Modèle

Type d'interaction	Symbole
Utile	

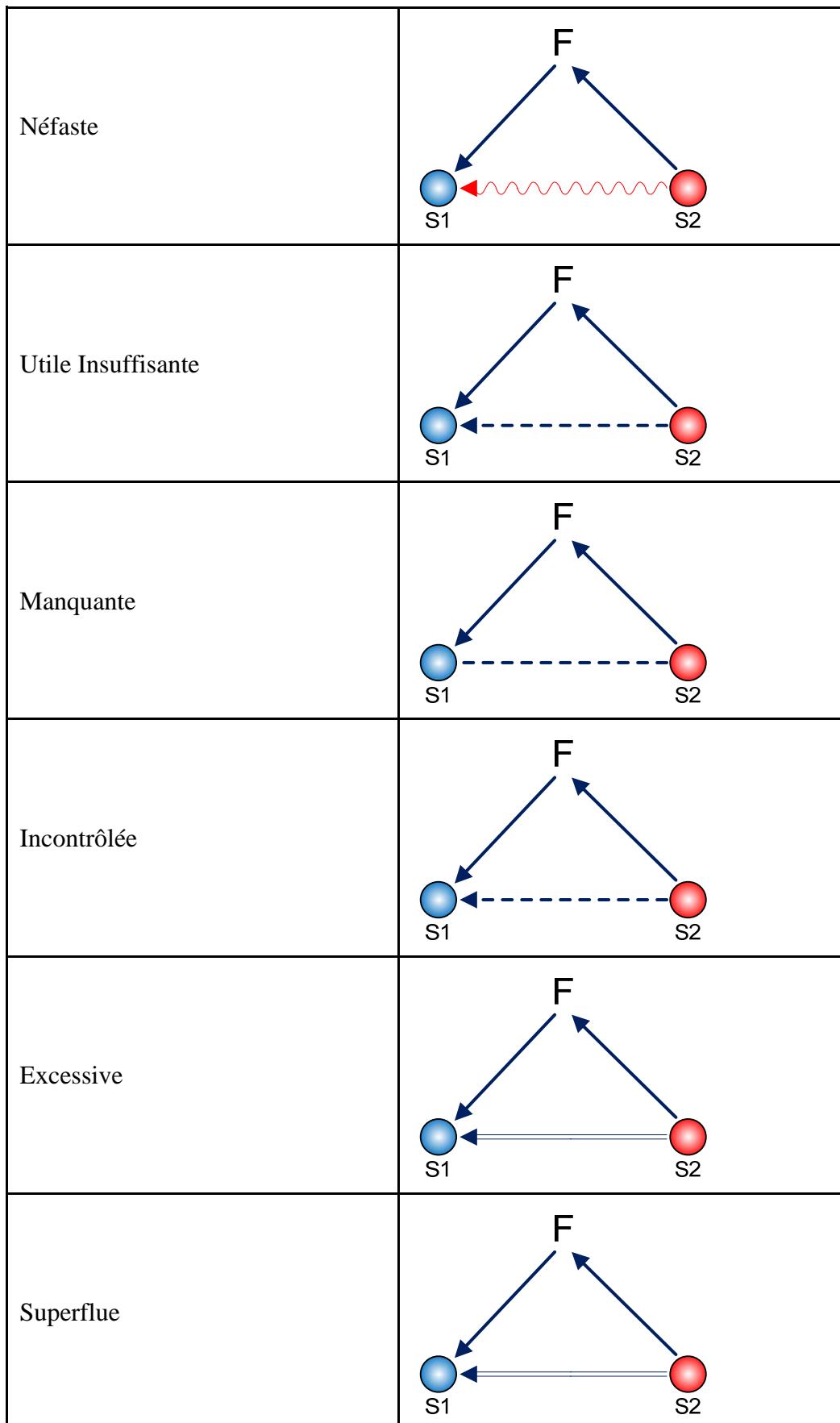


Figure 1.1.2.a – Types d’interactions et symboles correspondants.

## Méthodes

Étapes pour classifier une interaction entre deux substances :

1. Identifier les substances qui interagissent, identifier l'outil et l'objet.
2. Identifier le type de champ (1.1.1 – Types de champs et symboles correspondants).
3. Identifier le paramètre d'évaluation de l'objet impacté par l'outil à travers le champ.
4. Analyser l'influence du champ sur le paramètre d'évaluation (PE) :
  - a Si l'impact sur le PE est désiré, le champ présente une interaction utile ;
    - I Si l'impact sur le PE est désiré mais plus faible qu'attendu, le champ présente une interaction utile insuffisante ;
    - II Si l'impact sur le PE est désiré mais que sa gamme de variation est trop large, le champ présente une interaction utile non contrôlée ;
    - III Si l'impact sur le PE est désiré mais est absent, le champ présente une interaction utile manquante ;
    - IV Si l'impact sur le PE est désiré mais plus important qu'attendu, le champ présente une interaction utile excessive.
  - b Si l'impact sur le PE est non désirée, le champ présente une interaction néfaste ;
  - c Si l'impact sur le PE est n'est pas désiré, mais ne produit aucun dommage, le champ présente une interaction superflue.

## Exemple

### Exemple 1:

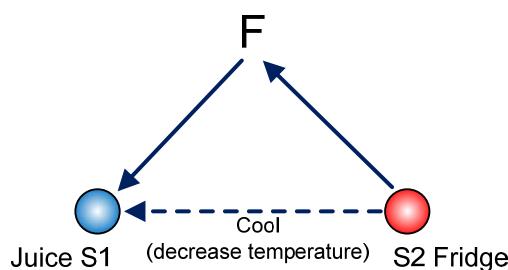


En été : Nina aimeraient offrir un jus de fruit frais à ses amis car ils ont soif et il fait très chaud. Malheureusement, le réfrigérateur est vide et le jus est plutôt chaud.

Elle place le jus dans le réfrigérateur, mais il ne refroidit que très lentement ; après 15 minutes, le jus est toujours chaud.

Classons l'interaction de la dernière phrase.

1. Les substances qui interagissent sont le réfrigérateur et le jus, respectivement l'outil et le produit.
2. Le réfrigérateur et le jus interagissent à travers un champ thermique (convection thermique dans le réfrigérateur).
3. Le paramètre du jus (produit) impacté par le réfrigérateur (outil) à travers le champ thermique est la température (PE) : le réfrigérateur « réduit » la température du jus.
4. L'impact du réfrigérateur sur le PE est désiré (on désire que le réfrigérateur réduise la température du jus) mais plus faible qu'attendu (la température est encore trop élevée après 15 minutes), et le champ présente donc une interaction utile insuffisante. (Figure 1.1.2.b).



Traduction Figure 1.1.2.b  
Jus S1 – froid (réduire la température) - S2 Réfrigérateur

Figure 1.1.2.b – L'interaction entre le réfrigérateur et le jus de fruit est utile mais insuffisante, car il faut trop de temps pour rafraîchir la boisson.



## Exemple 2 :

En hiver : dans le village de Nina, les températures de janvier descendent souvent sous les 0°C et, par conséquent, l'eau gèle parfois dans les canalisations. Puisque la glace a un plus grand volume que l'eau, elle exerce une forte pression sur la surface interne de la canalisation, ce qui entraîne l'éclatement des canalisations.



Analysons l'interaction de la dernière phrase.

1. Les substances qui interagissent sont la glace et la canalisation, respectivement l'outil et le produit (notez que la canalisation est considérée comme un produit car elle subit l'action de la glace).

2. La glace et la canalisation interagissent à travers un champ mécanique (pression due à l'augmentation du volume de l'eau lorsqu'elle passe de l'état solide à l'état liquide).

3. Le paramètre de la canalisation (produit) impacté par la glace (outil) à travers le champ mécanique est la pression matérielle (PE) : la glace « augmente » la pression matérielle sur la canalisation.

L'impact de la glace sur le PE est non désiré (on ne désire pas que la glace augmente la pression matérielle sur la canalisation), et le champ présente donc une interaction néfaste (Figure 1.1.2.c).

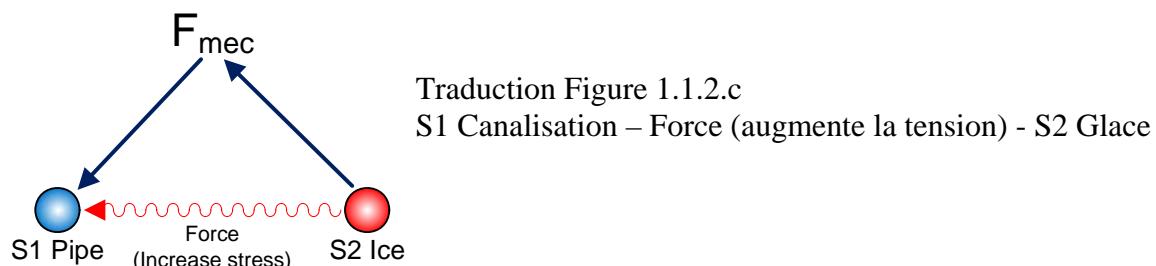


Figure 1.1.2.c – L'interaction entre la glace et la canalisation est néfaste car elle augmente la pression matérielle exercée sur la canalisation.

## Auto-évaluation



### Exercice 1

Nina est dans la cuisine. Elle remarque que la poêle est sur la gazinière et que tandis que le feu chauffe le fond de la poêle, il chauffe également la poignée. Essayez de modéliser les deux situations.



### Réponse 1

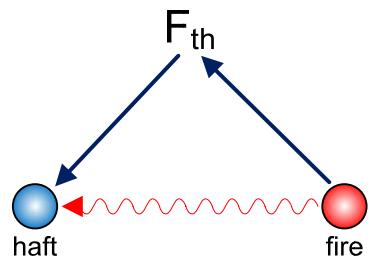
Nous devons construire deux modèles : le premier concerne la fonction du feu envers le fond de la poêle. Il y a deux substances : le fond de la poêle ( $S_1$ ) et le feu ( $S_2$ ), et un champ, un champ thermique. L'action développée est utile et suffisante (Figure 1.1.2.d.)



Figure 1.1.2.d – Modèle Su-field d'une poêle sur le feu.

Le second modèle à créer concerne le réchauffement de la poignée. Dans ce cas, les deux substances sont la poignée elle-même ( $S_1$ ) et le feu ( $S_2$ ). Le champ est toujours thermique, mais cette fois-ci l'action développée par le feu envers la poignée est néfaste, car Nina pourrait se

brûler la main si la poignée est trop chaude (Figure 1.1.2.e).



Traduction Figure 1.1.2.d  
Poignée – feu

Figure 1.1.2.e – Modèle Su-field de l'action néfaste développée par le feu sur la poignée de la poêle.

## Références

- [1] VV.AA.: *Un fil dans le labyrinthe* (en russe). Petrozavodsk: Karelia, 1988. ISBN 5-7545-0020-3.



## 4.1.2 – Modèle d'un Système Technique Minimal



4.1.1.1 – TYPES DE CHAMPS ET SYMBOLES CORRESPONDANTS

4.1.1.2 – TYPES D'INTERACTIONS ET SYMBOLES CORRESPONDANTS

### Théorie

Le système technique minimal capable de remplir une certaine fonction doit comporter trois éléments : deux substances et un champ.

Ainsi, le modèle le plus simple d'un système de travail est une triade  $S_1, S_2, F$ , de manière que la substance  $S_2$  ait une action sur la Substance  $S_1$  à travers le Champ  $F$  (Figure 1.2.a).

Le Champ est classé en fonction des critères définis dans 1.1.1 Types de champs et symboles correspondants.

L'action exercée par  $S_2$  sur  $S_1$  peut être classée selon les critères définis dans 1.1.2 Types d'interactions et symboles correspondants.

Un modèle Su-Field est représenté à l'aide de symboles et de règles spécifiques (1.2.1 Représentation graphique d'un Modèle Su-Field).

### Modèle

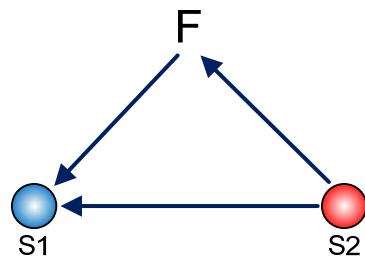
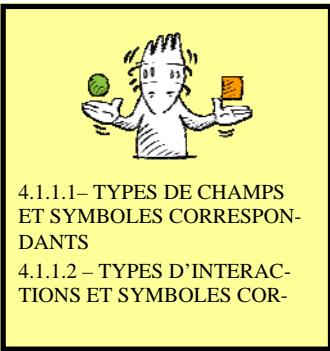


Figure 1.2.a – Modèle d'un Système Technique Minimal.

## 4.1.2.1 – REPRÉSENTATION GRAPHIQUE D'UN MODÈLE SU-FIELD



### Modèle

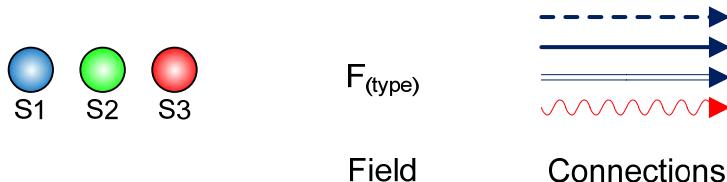


Figure 1.2.1.a – Éléments d'un modèle Su-Field : Substances, Champs (Fields), Connexions.

### Méthode

Étapes pour créer le modèle Su-Field d'une interaction fonctionnelle :

1. identifier les substances impliquées dans l'interaction fonctionnelle ;
2. vérifier la présence d'un ou plusieurs champs entre chaque paire de substances ;
3. classer le champ (1.1.1) et l'interaction (1.1.2) ;
4. assigner un symbole adapté à chaque élément (Figure 1.2.1.a).

### Exemple

#### Exemple 1 : Nina prépare des sandwiches

En tranchant le pain pour des sandwiches pour le pique-nique, Nina s'est légèrement coupé le doigt avec le couteau.

Créons un modèle Su-Field de la situation.

Ici, nous avons trois substances principales : S<sub>1</sub>, pain (objet de l'action couper); S<sub>2</sub> le doigt de Nina (objet de l'action blesser); S<sub>3</sub> couteau (sujet des actions couper du pain et blesser le doigt de Nina) – Figure 1.2.1.b.



Figure 1.2.1.b – Substances interagissant lorsque Nina prépare des sandwiches.

Il n'y a pas de champ entre le pain et le doigt (d'après la description ci-dessus, il n'est pas pertinent de représenter Nina qui tient le pain avec ses doigts) : il y a un champ (une interaction) entre le pain et le couteau, et entre le doigt et le couteau – Figure 1.2.1.c.

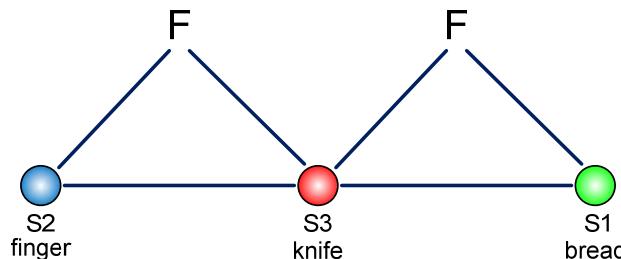


Figure 1.2.1.c – Champs agissant entre les substances identifiées.

Le champ  $F_1$  entre le couteau et le doigt de Nina est clairement mécanique : le couteau provoque une plaie sur le doigt en raison d'une importante pression locale ou, si on utilise une expression formelle, il « augmente le nombre de plaies sur les doigts » (de zéro à un) ou « réduit la santé du doigt ». Puisque l'impact du couteau (outil) sur le paramètre d'évaluation du produit (nombre de plaies sur doigt ou santé du doigt), est non désiré, l'interaction entre  $S_3$  et  $S_2$  est néfaste.

Le champ  $F_2$  entre le couteau et le pain est également mécanique : le couteau coupe le pain ou, si on utilise une expression formelle, il « augmente le nombre de tranches de pain ». Puisque l'impact du couteau (outil) sur le paramètre d'évaluation du produit (nombre de tranches) est désiré, et que nous n'avons pas d'information quant à un mauvais nombre de tranches, l'interaction entre  $S_3$  et  $S_1$  est utile.

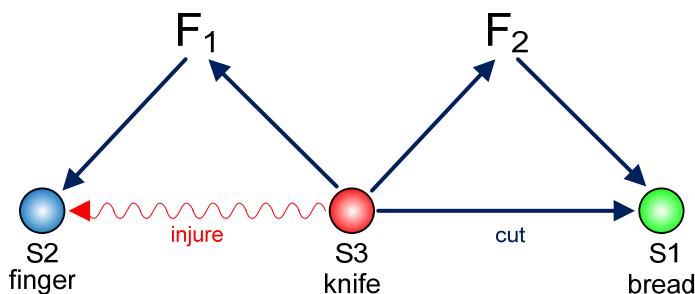


Figure 1.2.1.d – Modèle Su-Field de Nina préparant les sandwiches.

## Auto-évaluation

### Exercice 1:

Nina doit donner un morceau de musique MP3 de 4,6 Mo qu'elle a sur son PC à son ami Mat. Mais ce dernier n'a pas Internet ; Nina doit donc copier le fichier sur un support. Sa clé USB étant cassée, elle décide d'utiliser un CD. Lorsqu'elle ouvre le tiroir, elle se rend compte que tous ses CD ont été utilisés et qu'elle n'a qu'un DVD. Essayez de créer un modèle Su-Field du transfert de fichier.



### Réponse 1 :

La première Étape est d'identifier toutes les substances de la scène : dans ce cas, nous avons le PC ( $S_1$ ), le DVD ( $S_2$ ) et la musique au format MP3 ( $S_3$ ) (Figure 1.2.1.e).



Fig. 1.2.1.e – Les trois substances présentes dans ce cas.

Traduction Figure 1.2.1. 2  
Ordinateur – DVD – Musique MP3

Pour compléter le modèle, les champs entre les substances sont également nécessaires (Figure 1.2.1.f). La première partie du modèle représente l'acte de transfert du fichier du CD au DVD, l'acte « écrire », et la seconde partie montre que le fichier est maintenant sur le DVD.

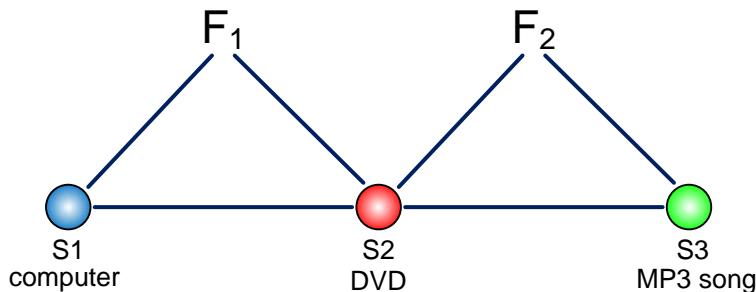


Fig. 1.2.1.f – La première étape vers la création d'un modèle Su-Field.

Maintenant, nous devons trouver quels types de champs sont  $F_1$  et  $F_2$ . L'ordinateur écrit le fichier sur le DVD à l'aide d'un laser,  $F_1$  peut donc être considéré comme un champ électromagnétique ; le DVD contient une piste magnétique qui représente le fichier. Ainsi  $F_2$  peut être considéré comme un champ magnétique. L'action écrite, réalisée par le PC vers le DVD, est une action utile et suffisante. Le DVD a également une action utile, il « contient le fichier », mais cette fois, elle peut être considérée comme excessive : Nina a utilisé un DVD d'une capacité de 4,7 Go pour transférer un fichier de seulement 4,6 Mo (Figure 1.2.1.g).

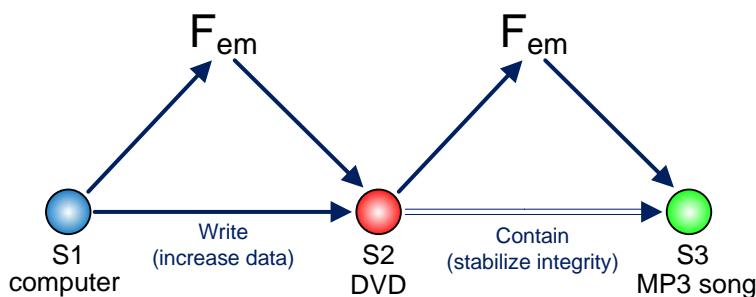


Figure 1.2.1.g – Le modèle Su-Field final  
Traduction Figure 1.2.1. g

Ordinateur – Écrire (augmenter les données) – DVD – Contient (stabiliser l'intégrité) – Musique MP3



## Références

- [1] VV.AA.: *Un fil dans le labyrinthe* (en russe). Petrozavodsk: Karelia, 1988. ISBN 5-7545-0020-3.

## 4.2 - SOLUTIONS STANDARD

### Définition

Une *solution standard* est un modèle d'une solution d'un problème typique modélisé à l'aide d'interactions *Su-Field*.



### Théorie

Les *Solutions Standard* (parfois appelées les Standards) sont un système de 76 modèles des synthèses et des transformations de systèmes techniques conformément aux *Lois de l'Évolution de Systèmes d'Ingénierie*.

Avec ARIZ, la base de données *Effets* et les *Lois de l'Évolution de Systèmes d'Ingénierie*, les Solutions Standard constituent la série d'instruments de TRIZ Classique la plus avancée et la plus efficace, remplaçant ainsi la *Matrice de Contradictions Techniques* et les *Principes Inventifs* d'Altshuller.

Les Standards ont été développés entre 1975 et 1985 avec l'objectif d'offrir une approche structurée à la résolution d'un problème technique, en parcourant systématiquement les connaissances d'individus ainsi que les bases de données des *effets physiques, chimiques et géométriques*.

À l'origine, les standards étaient listés comme des modèles de solutions séparées et numérotées selon l'ordre de formalisation.

En 1979, un système de 28 Standards intégrés classés en trois sous-séries principales était présenté et publié par Altshuller dans [1]. Au cours des années suivantes, d'autres standards ont été ajoutés et la structure finale contenant cinq classes a été publiée (Figure 2) [2].

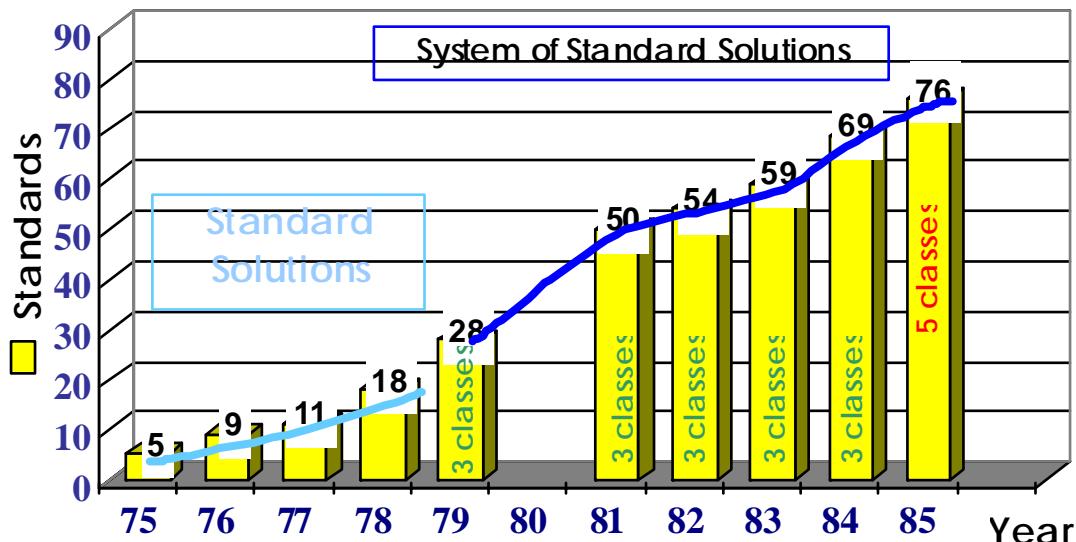


Figure 2 - History of development of Standard Solutions

Figure 2 – Histoire du développement des Solutions Standard.



### Méthode

Les Solutions Standard doivent permettre de résoudre la grande majorité des problèmes « typiques » représentés à l'aide de modèles *Su-Field*, c'est-à-dire lorsqu'une interaction insuffisante ou non désirée existe entre deux ou plusieurs *sous-systèmes*.

Elles permettent de surmonter ou de contourner des *contradictions* sans qu'il ne soit nécessaire d'identifier et de formuler la contradiction elle-même.

Les Standards sont également utiles pour parcourir la connaissance d'un individu suite à un processus systématique.

Pour appliquer une Solution Standard, il est nécessaire de :

- \* créer un modèle Su-Field du problème ;
- \* choisir les Standards les plus appropriés ;
- \* suivre les recommandations des Standards sélectionnés.

## Références



- [1] Altshuller, G.S., Selutskii, A.B.: *Wings for Icarus* (en russe). Petrozavodsk: Karelia, 1980.
- [2] VV.AA.: *Un fil dans le labyrinthe* (en russe). Petrozavodsk: Karelia, 1988. ISBN 5-7545-0020-3.

## 4.2.1 - STRUCTURE D'UNE SOLUTION STANDARD

### Théorie

Chaque solution standard est structurée comme la transformation d'un *modèle Su-Field initial problématique* en un *modèle Su-Field* modifié où les caractéristiques non désirées des interactions entre les *sous-systèmes* disparaissent (Figure 2.1.a).

### Modèle

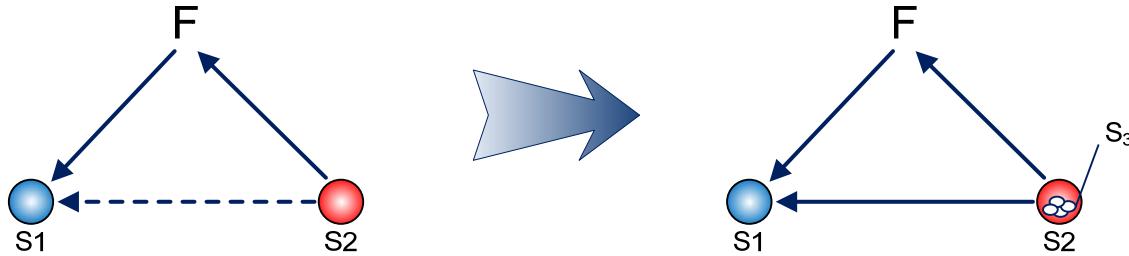


Figure 2.1.a – Exemple de modèle d'une solution standard : une interaction Su-Field non désirée (dans ce cas une interaction insuffisante) disparaît par la transformation du modèle Su-Field.

### Méthode

Une solution standard comporte trois éléments principaux :

D : (Description) la description de la situation problématique typique lorsqu'il est approprié d'appliquer ce standard.

G : (Guidelines = directives) les directives à suivre pour introduire des modifications dans le système pour résoudre le problème typique.

M : (Modèle, si disponible) une représentation visuelle de la transformation grâce aux modèles (Figure 2).



Le modèle visuel des transformations n'est pas toujours disponible ; plus spécifiquement, il est omis lorsque la transformation du modèle Su-Field se rapporte à la modification qualitative d'une substance ou d'un champ, au lieu de se rapporter à l'introduction d'éléments nouveaux / modifiés dans le système.

N : (Notes) parfois une note est ajoutée aux directives pour fournir des informations complémentaires portant sur leur mise en œuvre.

### Exemple

Les trois éléments du Standard 1-1-2 sont :

D : la description de la situation problématique typique lorsqu'il est approprié d'appliquer ce standard : « si, dans un Système Substance-Champ, il est nécessaire d'améliorer l'effet positif d'une interaction et que les conditions ne comportent aucune limitation concernant l'introduction d'additifs à au moins l'une des substances données » ;



G : les directives à suivre pour introduire des modifications dans le système pour résoudre le problème typique : « le problème doit être résolu par une transition (permanente ou temporaire) vers un Système Substances-Champs (Substance-Field) complexe en introduisant des additifs aux substances présentes. Ces additifs améliorent la contrôlabilité ou transmettent les propriétés requises au Système Substances-Champ » ;

M : voir Figure 2.1.b.

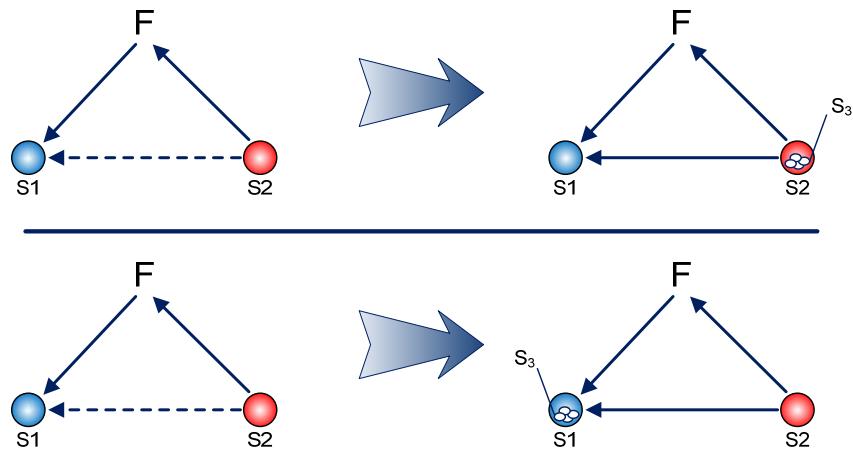


Figure 2.1.b – Modèle du Standard 1-1-2.

### Auto-évaluation



#### Exercice 1:

Observez la Solution Standard suivante et identifiez ses éléments constitutifs.

#### STANDARD 1-1-4

S'il est nécessaire, dans un Système Substances-Champs, d'améliorer l'effet positif d'une interaction, et que les conditions comportent des limitations concernant l'introduction ou l'ajout de substances, le problème peut être résolu en utilisant l'environnement existant comme substance afin d'augmenter l'efficacité de l'interaction existante.

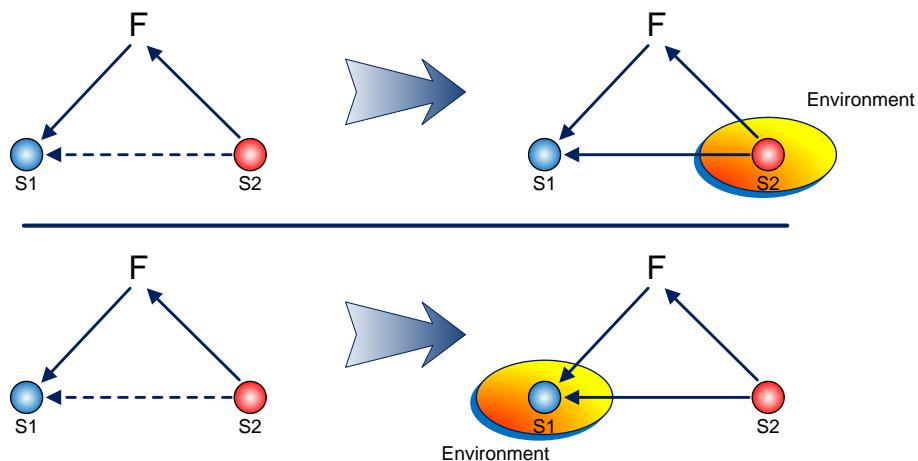


Figure 2.1.c – Modèle du Standard 1-1-4.

#### Réponse 1 :



D : S'il est nécessaire, dans un Système Substances-Champs, d'améliorer l'effet positif d'une interaction, et que les conditions comportent des limitations concernant l'introduction ou l'ajout de substances,

G : le problème peut être résolu en utilisant l'environnement existant pour augmenter l'efficacité de l'interaction existante.

M :(Figure 2.1.c.)

## Exercice 2 :

Observez la Solution Standard suivante et identifiez les éléments constitutifs.



### STANDARD 2-2-2

L'efficacité d'un Système Substances-Champs peut être améliorée en augmentant le degré de fragmentation de l'élément qui agit comme outil dans l'interaction.

Ce Standard représente l'une des principales tendances de l'évolution de la technologie, à savoir la fragmentation de l'élément ou de sa partie qui interagit avec le produit (« outil »). Le processus est achevé lorsque l'outil est remplacé par un nouveau champ capable de remplir sa fonction.

L'évolution de l'outil passe donc par les phases suivantes : objet Non-fragmenté : objet Fragmenté ; Poudre ; Liquide ; Gaz ; Nouveau Champ.

### Réponse 2 :

D : L'efficacité d'un Système Substances-Champ peut être améliorée

G : en augmentant le degré de fragmentation de l'élément qui agit comme outil dans l'interaction.

N : Ce Standard représente l'une des principales tendances de l'évolution de la technologie, à savoir la fragmentation de l'élément ou de sa partie qui interagit avec le produit (« outil »).

Le processus est achevé lorsque l'outil est remplacé par un nouveau champ capable de remplir sa fonction. L'évolution de l'outil passe donc par les phases suivantes : objet Non-fragmenté : objet Fragmenté ; Poudre ; Liquide ; Gaz ; Nouveau Champ.



### Références

[1] VV.AA.: *Un fil dans le labyrinthe* (en russe). Petrozavodsk: Karelia, 1988. ISBN 5-7545-0020-3.



#### 4.2.1.1 - TRANSFORMATION D'UN SYSTÈME SU-FIELD

##### Théorie

D'après le système des solutions standard, la transformation suivante peut être appliquée à un Système Su-Field :

- \* Introduction d'une nouvelle *Substance*
    - \* un nouvel élément (Figures 2.1.1.a-b)
    - \* un additif interne
    - \* un additif externe
    - \* une ressource déjà disponible dans l'environnement.
  - \* Introduction d'un Nouveau *Champ* (Figures 2.1.1.c-d)
  - \* Modification d'une Substance
    - \* modification de l'*Outil* (Figure 2.1.1.e)
    - \* modification de l'*Objet*
    - \* modification de l'environnement entourant les substances d'un Système Su-Field.
  - \* Modification d'un *Champ* (figure 2.1.1.f)
  - \* Utilisation d'*Effets Physiques, Chimiques, Géométriques*;
  - \* Une combinaison de n'importe lesquelles des transformations précédentes.
- Les modifications mentionnées ci-dessous peuvent être appliquées à un élément entier ou à une portion en termes de changements / variations de toute *ressource* comme :
- \* Espace : nombre de dimensions, topologie, forme, taille ;
  - \* Time : durée de l'action, fréquence de l'action ;
  - \* Propriétés : propriétés chimiques, physiques (électriques, magnétiques, optiques)
  - \* Énergie : quantité d'énergie, type d'énergie (cinétique, thermique, électrique, ...)

##### Modèle

Exemples de modèles de transformations d'un Système Su-Field :

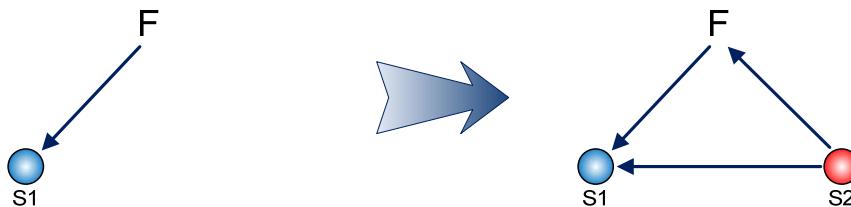


Figure 2.1.1.a – Introduction d'une Nouvelle Substance.

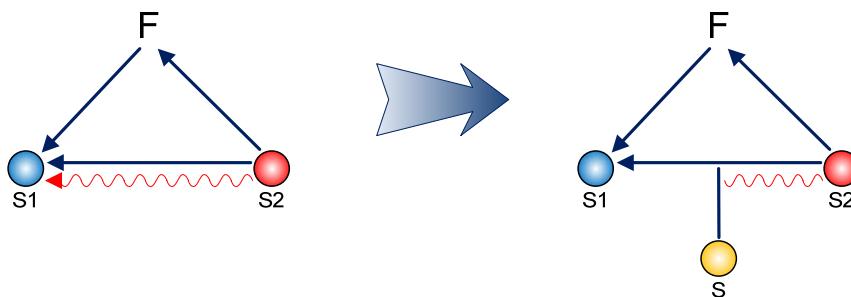


Figure 2.1.1.b – Introduction d'une Nouvelle Substance.

# t≡TRIS

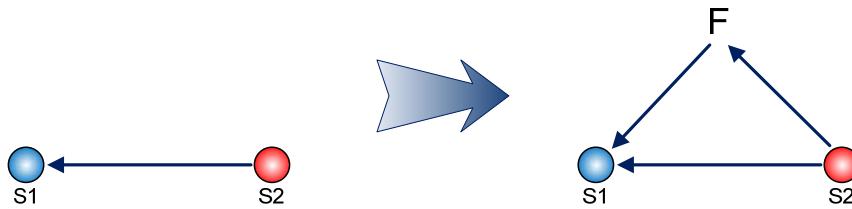


Figure 2.1.1.c – Introduction d'un Nouveau Champ.

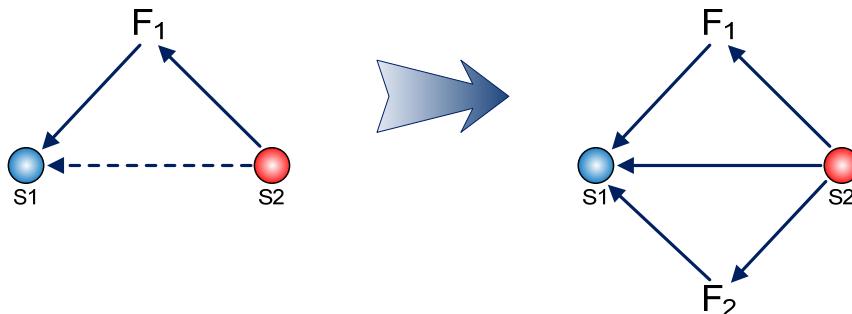


Figure 2.1.1.d – Introduction d'un Nouveau Champ.

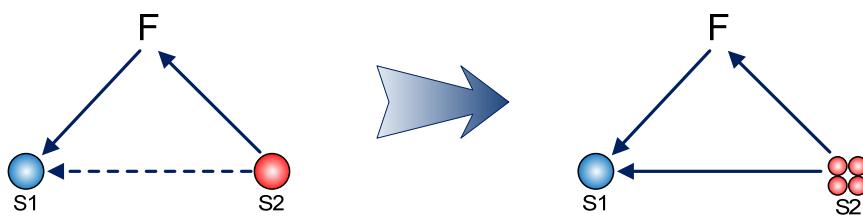


Figure 2.1.1.e – Modification de l'Outil.

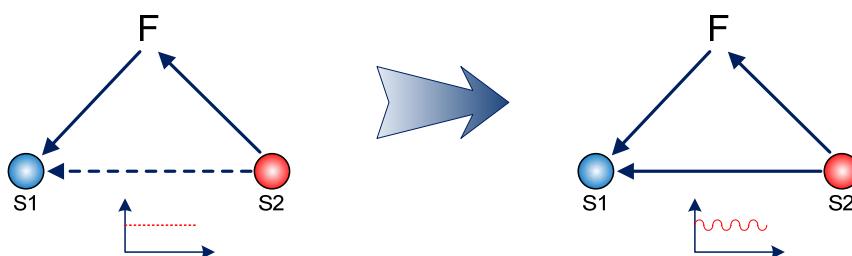


Figure 2.1.1.f – Modification du Champ.

## Méthode

L'application d'une Solution Standard signifie suivre les indications du standard sélectionné afin de transformer le Système Su-Field original, caractérisé par une faible efficacité et/ou des effets non désirés, en un autre système Su-Field dans lequel le problème disparaît.



La transformation suggérée par le Standard sélectionné doit être appliquée en tenant compte des *Ressources Substance-Field* déjà disponibles dans le système et des ressources nouvelles / modifiées à intégrer dans le système lui-même.

Ce type de tâche peut être effectué par l'utilisation d'une *base de données d'effets* destinée à compléter la connaissance d'un individu ou d'une équipe.

## Exemple



Il est nécessaire d'accélérer la stérilisation d'une boîte alimentaire avec des réactifs chimiques. Après la *création d'un modèle Su-Field* de la situation réelle, un des Standards pertinents pour aborder ce problème suggère la transformation suivante (Figure 2.2.2.g).

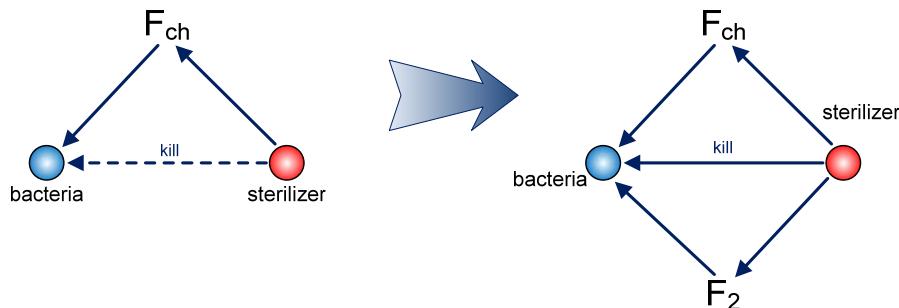


Figure 2.1.1.g – Transformation suggérée pour améliorer l'efficacité d'un processus de stérilisation.  
Traduction Figure 2.1.1g, Bactéries – tuer - stérilisateur

L'analyse des ressources disponibles, également soutenue par une recherche dans la base de données des effets, suggère l'hypothermie comme solution possible pour améliorer l'efficacité du processus (Figure 2.1.1.h).

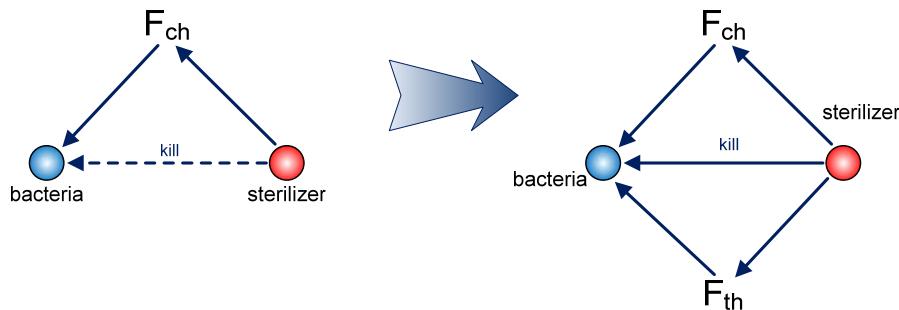


Figure 2.1.1.h – Adoption de l'hypothermie comme action complémentaire pour tuer les bactéries.

## Auto-évaluation

### Exercice 1 :



Lorsque le son est coupé (par ex. pendant une réunion), un téléphone portable indique qu'un appel entre en émettant des vibrations ; mais si le téléphone portable est posé sur une surface molle (par ex. un classeur en cuir, des journaux, etc.), les vibrations ne produisent aucun son et l'utilisateur risque de ne pas être alerté.

Après la création d'un modèle Su-Field de la situation réelle, un des Standards pertinents pour aborder ce problème suggère la transformation suivante (Figure 2.2.2.i).

Développez une solution d'après la direction suggérée.

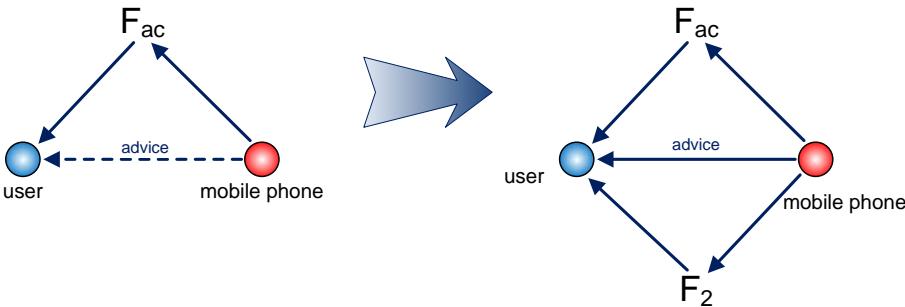


Figure 2.1.1.i – Transformation suggérée pour améliorer l'efficacité de l'alarme d'un téléphone portable.  
Traduction Figure 2.1.1i, Utilisateur – notification – téléphone portable

## Solution 1 :

Pour compléter le champ de vibrations / acoustique déjà présent dans le système, un signal optique parallèle peut être ajouté au téléphone portable (par ex. lumière de l'écran LCD qui s'allume et s'éteint, Figure 2.1.1.j).

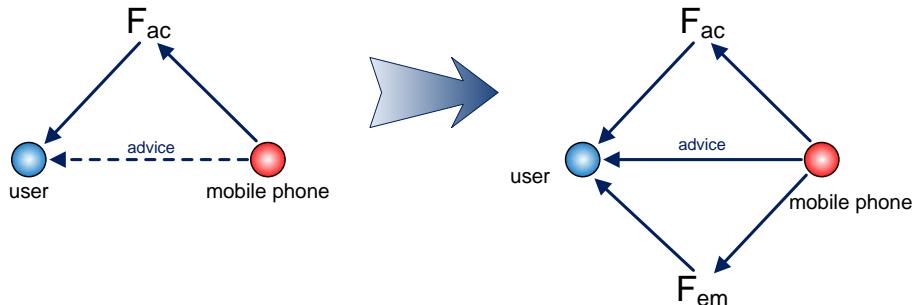


Figure 2.1.1.j – Adoption d'un signal optique comme moyen complémentaire d'indiquer à l'utilisateur d'un téléphone portable qu'il reçoit un appel.

## 4.2.2 - CLASSIFICATION DES SOLUTIONS STANDARD

### Définition

Dans TRIZ Classique, les Solutions Standard sont réparties dans cinq classes :

Amélioration des interactions et élimination des effets néfastes

Évolution de systèmes

Transition du macro-niveau au micro-niveau

Problèmes de détection et de mesure

Méta-solutions, aides.



### Théorie

Les Solutions Standard ont été développées à partir de la seconde moitié des années 1970 en collectant des solutions « typiques » à des problèmes techniques. À l'origine, elles étaient numérotées de manière séquentielle en fonction de l'ordre de découverte.

En mars 1979, Altshuller développa le premier Système de Standards comprenant trois classes :

- \* Standards pour la modification des systèmes
- \* Standards pour la détection et les mesures
- \* Standards pour l'application des Standards.

À la fin de l'année 1984, la plupart des écoles TRIZ de l'ancienne Union Soviétique adoptèrent un tel Système de Standards pour la résolution de tout problème « ordinaire », tandis qu'ARIZ était appliqué pour l'analyse de problèmes non standard, c'est-à-dire inventifs, ainsi que pour l'identification d'autres Standards.

Après l'identification et la formalisation des *Lois de l'Évolution de Systèmes d'Ingénierie* (LESI, 1983-1986), Altshuller suggéra une nouvelle classification des 76 Solutions Standard en cinq classes afin de les harmoniser avec les LESI :

- \* Amélioration des interactions et élimination des effets néfastes
- \* Évolution de systèmes
- \* Transition du macro-niveau vers le micro-niveau
- \* Problèmes de détection et de mesure
- \* Méta-solutions, aides

### Modèle

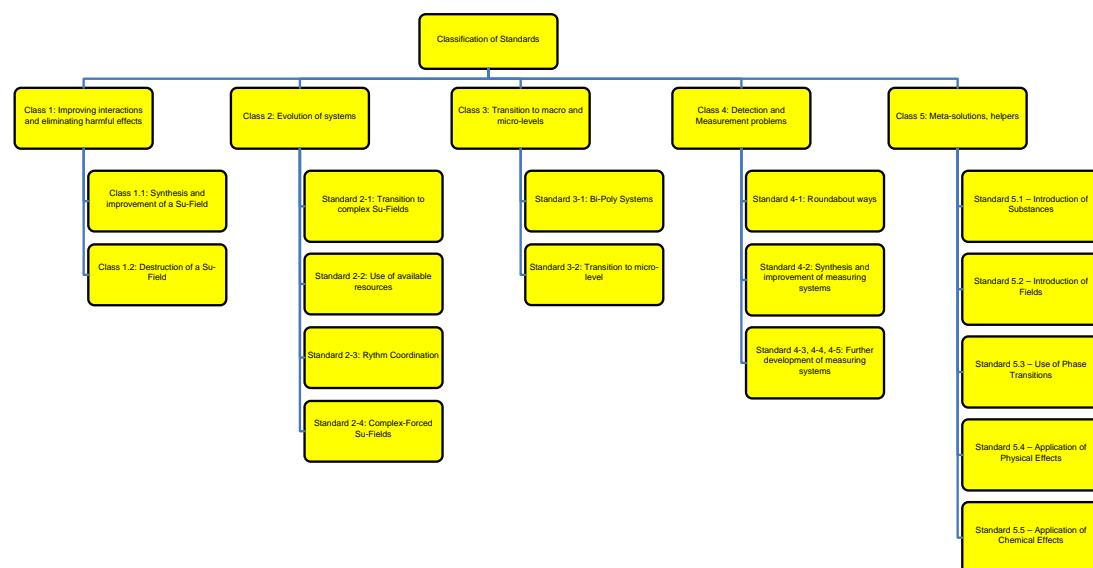


Figure 2.2.a – Classification des Solutions Standard.

## *Traduction Figure 2.2a*

### *Classification des standards*

*1.1 Classe 1 : Amélioration des interactions et élimination des effets néfastes*

*1.2 synthèse et amélioration d'un modèle Su-Field*

### *Destruction d'un Su-Field*

#### *2 Évolution de systèmes*

*2.1 transition vers Su-Field complexes*

*2.2 utilisation des ressources disponibles*

*2.3 coordination du rythme*

*2.4 Su-Field complexes forcés*

*3 transition vers niveaux macro et micro*

*3.1 Systèmes bi-poly*

*3.2 transition vers micro-niveau*

*4 Problème de détection et de mesure*

*4.1 détours*

*4.2 synthèse et amélioration des systèmes de mesure*

*4.3 développement ultérieur de systèmes de mesure*

*5 métasolutions – aides*

*5.1 introduction de substances*

*5.2 introduction de champs*

*5.3 utilisation de transition de phase*

*5.4 application d'effets physiques*

*5.5 application d'effets chimiques*

## Méthode

La classification des Solutions Standard est un guide de sélection des Standards à appliquer (Figure 2.2.a) :

- \* Si une fonction manque ou qu'une interaction utile entre deux éléments d'un *Système Technique* doit être améliorée, les Standards adéquats peuvent être trouvés dans la Classe 1.1 ;
- \* Si un problème est caractérisé par une interaction néfaste entre deux éléments d'un Système Technique, les Standards adéquats peuvent être trouvés dans la Classe 1.2 ;
- \* Dans les deux cas, les modifications apportées aux substances / ressources existantes peuvent être appliquées aux Standards de la Classe 2 ;
- \* Les problèmes plus critiques requièrent que des changements plus radicaux soient apportés au Système Technique par une intégration au niveau du *Super-Système* (Classe 3.1) ou par la transition vers une échelle d'interaction plus petite (Classe 3.2);
- \* Les problèmes de détection et de mesure peuvent être abordés par l'élimination du besoin de mesure (Classe 4.1), par la création d'une nouvelle interaction de mise à disposition d'information (Classe 4.2), ou par le développement plus avant des éléments de mesure existants (Classe 4.3) ;
- \* Quel que soit le Standard à appliquer, certaines précautions spéciales peuvent être prises afin d'éviter les inconvénients lors de l'introduction d'une nouvelle substance (Classe 5.1), d'un champ (Classe 5.2), d'une transition de phase (Classe 5.3) et d'effets physiques et chimiques (Classe 5.4 et 5.5).

Vous trouverez davantage d'indications sur la sélection et l'utilisation des Standards à la Section 3.

## Références

- [1] VV.AA.: *Un fil dans le labyrinthe* (en russe). Petrozavodsk: Karelia, 1988. ISBN 5-7545-0020-3.



## CLASSE 1 : AMÉLIORER LES INTERACTIONS ET ÉLIMINER LES EFFETS NÉFASTES

### Théorie

La première classe des Standards Inventifs est dédiée à la synthèse d'une interaction Su-Field, à l'amélioration de l'effet positif d'une interaction Su-Field ou à l'élimination de l'effet négatif d'une interaction Su-Field à l'aide d'une transformation Su-Field (*Section 2.1.1*).

### Références

- [1] VV.AA.: *Un fil dans le labyrinthe* (en russe). Petrozavodsk: Karelia, 1988. ISBN 5-7545-0020-3.

## CLASSE 1.1 : SYNTHÈSE ET AMÉLIORATION D'UN SU-FIELD

### Définition



La synthèse d'un Su-Field consiste à créer une triade Substance 1 – Champ – Substance 2 complète, ce qui représente le *modèle minimal* d'un système technique. Améliorer un Su-Field signifie améliorer l'effet positif d'une interaction fonctionnelle entre la Substance 2 (*Outil* ou *Organe de Travail*) et la Substance 1 (*Produit* ou *Objet*).

### Méthode



Le premier standard (1-1-1) vise la création d'une nouvelle interaction Su-Field en introduisant les éléments manquants du système.

Lorsque l'on applique les autres standards de la classe 1-1 (1-1-2 — 1-1-8), le champ principal existant entre l'organe de travail  $S_2$  et l'objet  $S_1$  doit être maintenu et des ajouts de substances doivent « booster » l'interaction existante dans le champ existant.

### Références

- [1] VV.AA.: *Un fil dans le labyrinthe* (en russe). Petrozavodsk: Karelia, 1988. ISBN 5-7545-0020-3.

## STANDARD 1-1-1: SYNTHÈSE D'UN SYSTÈME SUBSTANCES-CHAMP

### Définition

La synthèse d'un Su-Field consiste à créer une triade Substance 1 – Champ – Substance 2 complète, ce qui représente le *modèle minimal* d'un système technique.



### Théorie

S'il est nécessaire de produire un effet positif sur un *objet* (Substance 1) en apportant une *fonction utile*, c'est-à-dire en modifiant un paramètre ou une caractéristique de l'objet lui-même, et que les conditions ne comportent aucune limitation concernant l'introduction de substances et/ou de champs, le problème est résolu par la synthèse d'un modèle Su-Field complet : l'objet subit l'action d'un champ physique qui produit le changement nécessaire sur l'objet.

### Modèle

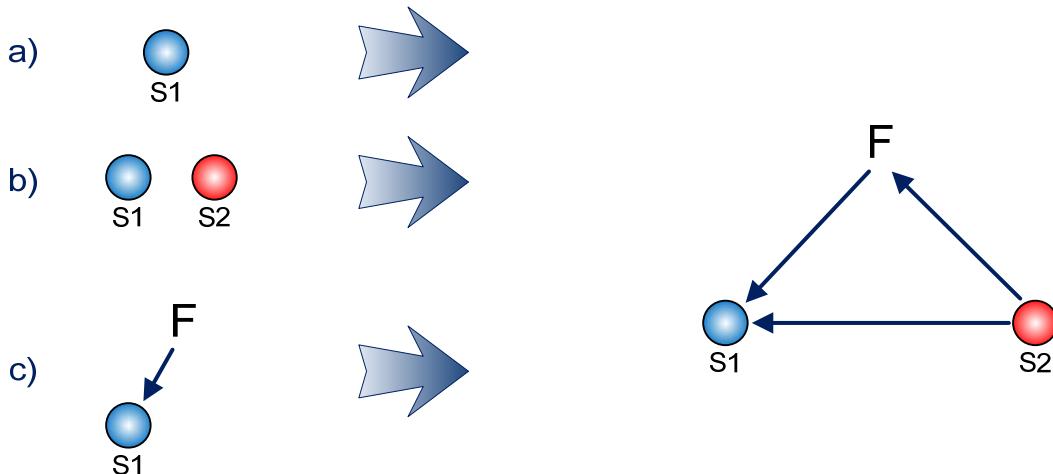


Figure 2.2.1.1.1.a – STANDARD 1-1-1 : Synthèse d'un système substance-champ.

### Méthode

Ce standard est appliqué lorsqu'une fonction utile doit être réalisée sur un objet donné ( $S_1$ ), mais qu'il manque l'interaction capable de fournir la modification de l'objet attendue.



Trois situations différentes peuvent se présenter (Figure 2.2.1.1.1.a, gauche) :

Aucun autre élément n'est présent ;

Un élément de travail est présent ( $S_2$ ), mais aucun champ ne le fait interagir avec l'objet ( $S_1$ ) ;

Un champ est présent ( $F$ ), mais il manque l'élément de travail.

Pour remplir la fonction utile, le système doit être complété par l'ajout des éléments manquants (Figure 2.2.1.1.1.a, droite), c'est-à-dire par l'introduction d'une substance et/ou d'un champ au système.

Pour réaliser une recherche systématique de substance/ champ à ajouter au système, il est suggéré de parcourir les tableaux de *Ressources Substance/Champ*.

### Exemple

Il faut maintenir la porte d'un congélateur bien fermée afin de limiter l'échange de chaleur.



D'abord, il est nécessaire de déterminer la fonction utile devant être remplie : maintenir la porte fermée se traduit par la fonction « tenir la porte », c'est-à-dire « stabiliser son orientation dans la position fermée ». Il convient de mentionner que la fonction est correctement exprimée lorsque le paramètre de l'objet à contrôler (c'est-à-dire augmenté, réduit, changé, stabilisé) est

explicite.

La situation initiale est donc constituée d'un seul objet (la porte), puisqu'aucun autre élément n'a été mentionné (Figure 2.2.1.1.1.a, sous-cas a).

D'après le Standard 1-1-1, il est nécessaire d'introduire une substance et un champ (Figure 2.2.1.1.1.b).

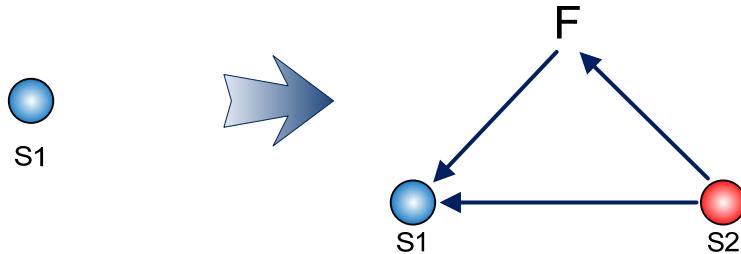


Figure 2.2.1.1.1.b – STANDARD 1-1-1 : Synthèse d'un système substance-champ.

En parcourant le tableau des ressources Substance-Champ ou en plaçant l'attention sur l'expérience de résolution de problèmes, plusieurs solutions peuvent être découvertes : un champ mécanique peut être créé à l'aide d'un crochet (élément de travail), un champ magnétique peut être appliqué par un aimant, etc. (Figure 2.2.1.1.1.c).

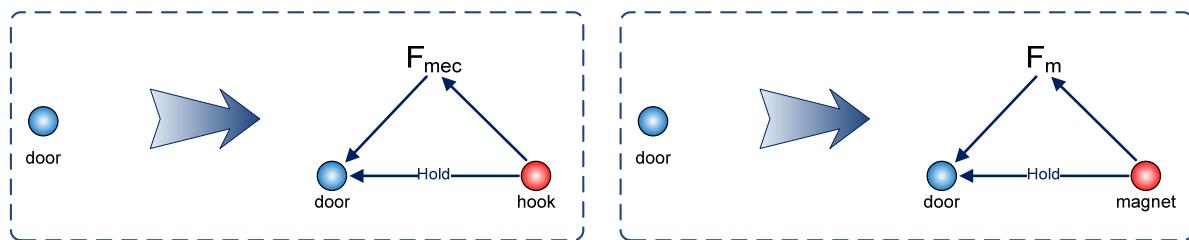


Figure 2.2.1.1.1.c – Exemples d'applications du Standard 1-1-1 pour remplir la fonction « tenir la porte ».  
Traduction Figure 2.2.1.1.1c      Porte porte tenir crochet      Porte porte tenir aimant

## Auto-évaluation

### Exercice 1



Nina est dans la cuisine et elle prépare un gâteau avec sa mère pour le dîner. Elles ont besoin de crème chantilly, et la mère prépare donc un bol contenant la crème et un fouet, et laisse le tout sur la table. À l'évidence, la crème reste liquide. Lorsque Nina arrive, elle complète rapidement le modèle Su-Field. Que fait-elle ?

## Réponse 1 :

Ce problème est évidemment très simple, mais il est résolu en complétant un mini modèle qui était incomplet (Figure 2.2.1.1.1.d, gauche). Nous avons deux substances sur la table : la crème dans un bol et le fouet. D'après le Standard 1-1-1, il est facile de voir qu'il manque un champ. Un champ mécanique serait une bonne solution pour Nina et elle commence donc à fouetter la crème à l'aide du fouet pour la faire monter en chantilly (Figure 2.2.1.1.1.d, droite).

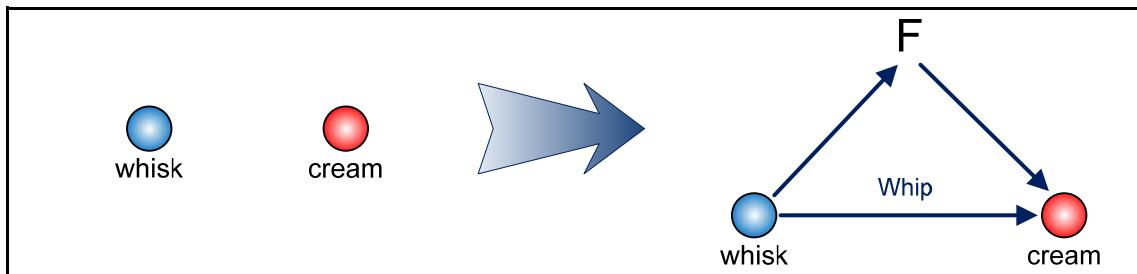


Figure 2.2.1.1.1.d – Un exemple facile d'utilisation du Standard 1-1-1 : fouetter la crème.

Traduction Figure 2.2.1.1.1d

Fouet crème

Fouet – fouetter – crème

## Références

- [1] VV.AA.: *Un fil dans le labyrinthe* (en russe). Petrozavodsk: Karelia, 1988. ISBN 5-7545-0020-3.



## STANDARD 1-1-2 : AMÉLIOER LES INTERACTIONS EN AJOUTANT DES ADDITIFS AUX OBJETS



### Définition

Améliorer un Su-Field signifie améliorer l'effet positif d'une interaction fonctionnelle entre la Substance 2 (*Outil* ou *Organe de travail*) et la Substance 1 (*Produit* ou *Objet*) sans modifier le champ principal existant entre les substances.

L'interaction peut être améliorée en introduisant un additif interne aux substances.

### Théorie

S'il est nécessaire d'améliorer l'effet positif d'une fonction utile sur un objet, et si les conditions ne comportent pas de limitation quant à l'ajout d'additifs aux substances données, le problème peut être résolu en ajoutant des additifs étrangers dans les substances présentes pour améliorer la contrôlabilité ou transmettre les propriétés requises à l'interaction Su-Field. Le rôle de ces additifs est d'amplifier l'effet de l'interaction existante entre les substances dans le champ présent, ou d'augmenter le degré de contrôle de l'interaction. C'est pourquoi il n'est pas permis de modifier la nature du champ existant entre les deux substances.

### Modèle

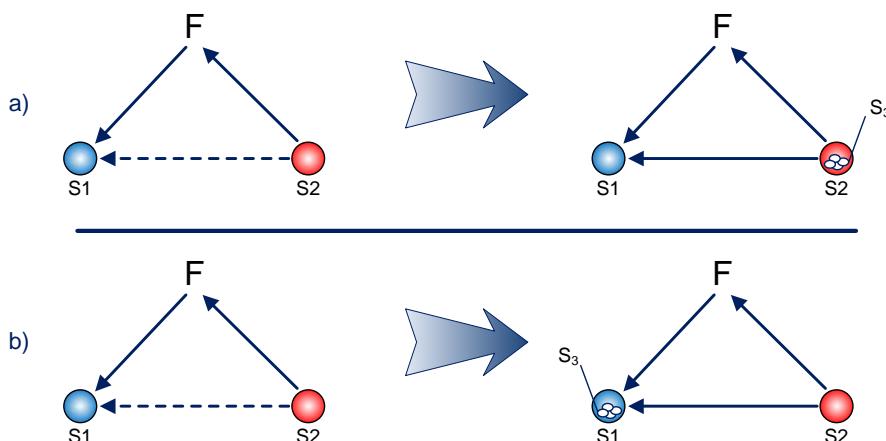


Figure 2.2.1.1.2.a – STANDARD 1-1-2 : Améliorer les interactions en ajoutant des additifs aux objets.

### Méthode

Ce standard est appliqué lorsqu'une fonction est insuffisante, c'est-à-dire que la modification exercée sur l'objet ne correspond pas aux attentes, et qu'il est permis d'ajouter des additifs à l'élément de travail (Figure 2.2.1.1.2.a, en haut) ou à l'objet (Figure 2.2.1.1.2.a, en bas).

Les étapes suivantes doivent être réalisées :

1. Créer un modèle Su-Field de la fonction utile insuffisante ; identifier la modification de paramètre à améliorer ;
2. vérifier qu'il est possible d'ajouter des additifs à l'élément de travail et/ou à l'objet ;
3. rechercher des substances qui pourraient améliorer l'efficacité du champ existant ;
4. vérifier qu'il n'y a pas de limitations à l'introduction de substances spécifiques dans un système technique.

Note : la troisième étape peut être réalisée avec un tableau de ressources substances.



## Exemple :

Pour nettoyer la surface de la plaque d'une cuisinière, nous utilisons une éponge humide pour dissoudre les particules de saleté.



Si l'éponge ne contient que de l'eau, le processus est très lent et certaines substances graisseuses restent collées à la plaque. D'après la Solution Standard 1-1-2, une telle interaction insuffisante peut être améliorée à l'aide d'un additif interne (Figure 2.2.1.1.2.b).

En fait, alors qu'il est relativement compliqué d'introduire un additif interne à la saleté, une solution ordinaire est d'ajouter du détergent ( $S_3$ ) dans l'eau afin d'augmenter sa capacité à dissoudre la saleté.

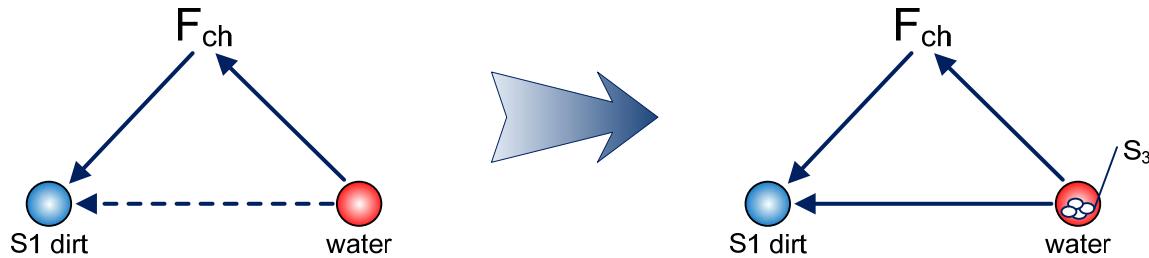


Figure 2.2.1.1.2.b – Exemples d'application du Standard 1-1-2 pour améliorer la fonction utile « dissoudre la saleté ».

Traduction Figure 2.2.1.1.2a

Saleté – eau

## Auto-évaluation

### Exercice 1 :

Conduire une voiture lorsque la route est recouverte de neige peut être dangereux, l'adhérence des roues étant plutôt mauvaise (exemple de la Section 2.2.1.1.3).

Générez une solution d'après le Standard 1-1-2 (et pas le Standard 1-1-3 !).



### Réponse 1 :

Un modèle représentant l'interaction insuffisante entre la route et la roue est représenté sur la Figure 2.2.1.1.2.c, gauche.



Le paramètre à modifier (augmenter) est la friction existant entre la roue et la route : pour avoir plus de grip, les indications du Standard 1-1-2 peuvent être suivies : introduire des additifs dans l'élément de travail et/ou l'objet pour améliorer l'efficacité de l'interaction (Figure 2.2.1.1.2.c, droite).

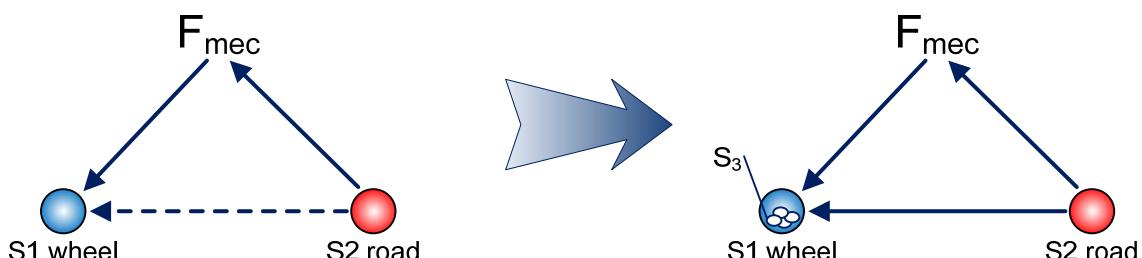


Figure 2.2.1.1.2.c – Exemple d'application du Standard 1-1-2 pour améliorer la fonction utile « aider la roue ».

Traduction Figure 2.2.1.1.2c

Roue - route

Au lieu d'introduire des additifs internes à la route, il est plus pratique d'ajouter une substance  $S_3$  à la roue.

Un exemple connu est le pneu neige clouté (Figure 2.2.1.1.2.d).



Figure 2.2.1.1.2.d – Exemple d'application du Standard 1-1-2 à des pneus neige (additif interne = clous).



### Exercice 2 :

De nos jours, tout le monde a un ordinateur portable. On peut l'emporter de la maison au travail ou à l'école par exemple. On utilise un sac en toile pour transporter l'ordinateur. Mais le sac peut tomber et causer ainsi des dommages au PC. La protection offerte par le sac en toile est donc parfois insuffisante. Comment pouvons-nous l'améliorer ?



### Réponse 2 :

Dans la situation initiale,  $S_1$  est représenté par le sac qui, grâce à un champ mécanique, contient et protège une seconde substance (l'ordinateur portable) (voir Figure 2.2.1.1.2.e, gauche). Le paramètre à améliorer est la capacité protectrice du sac. Donc, d'après le Standard 1-1-2, nous devons ajouter une nouvelle substance  $S_3$  pour faire en sorte que cette capacité soit suffisante. Nous pouvons choisir si nous voulons ajouter quelque chose au sac ou quelque chose à l'ordinateur portable : dans ce cas, le premier choix est plus utile. Cette substance peut être, par exemple, un coussin en mousse entre les couches de toile (Figure 2.2.1.1.2.e, droite).

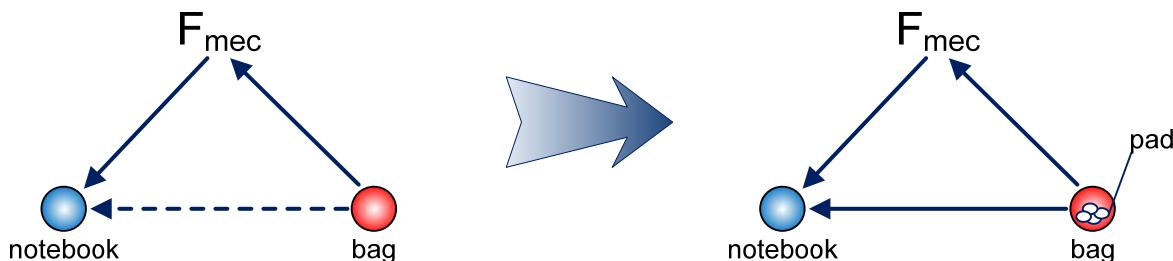


Figure 2.2.1.1.2.e – Le modèle Su-Field d'un sac pour ordinateur portable.

Traduction Figure 2.2.1.1.2e

Ordinateur portable – sac

Ordinateur portable – sac – coussin



### Références

- [1] VV.AA.: *Un fil dans le labyrinthe* (en russe). Petrozavodsk: Karelia, 1988. ISBN 5-7545-0020-3.

## STANDARD 1-1-3 : AMÉLIORER LES INTERACTIONS EN INTRODUISANT DES ADDITIFS DANS UN SYSTÈME

### Définition

Améliorer un Su-Field signifie améliorer l'effet positif d'une interaction fonctionnelle entre la Substance 2 (*Outil* ou *Organe de travail*) et la Substance 1 (*Produit* ou *Objet*) sans modifier le champ principal existant entre les substances.

L'interaction peut être améliorée en introduisant un additif externe aux substances.



### Théorie

S'il est nécessaire d'améliorer l'effet positif d'une fonction utile sur un objet, et si les conditions ne comportent pas de limitation quant à l'ajout d'additifs aux substances données, le problème peut être résolu en ajoutant des additifs externes dans les substances présentes pour améliorer la contrôlabilité ou transmettre les propriétés requises à l'interaction Su-Field. Le rôle de ces additifs est d'amplifier l'effet de l'interaction existante entre les substances dans le champ présent, ou d'augmenter le degré de contrôle de l'interaction. C'est pourquoi il n'est pas permis de modifier la nature du champ existant entre les deux substances.

### Modèle

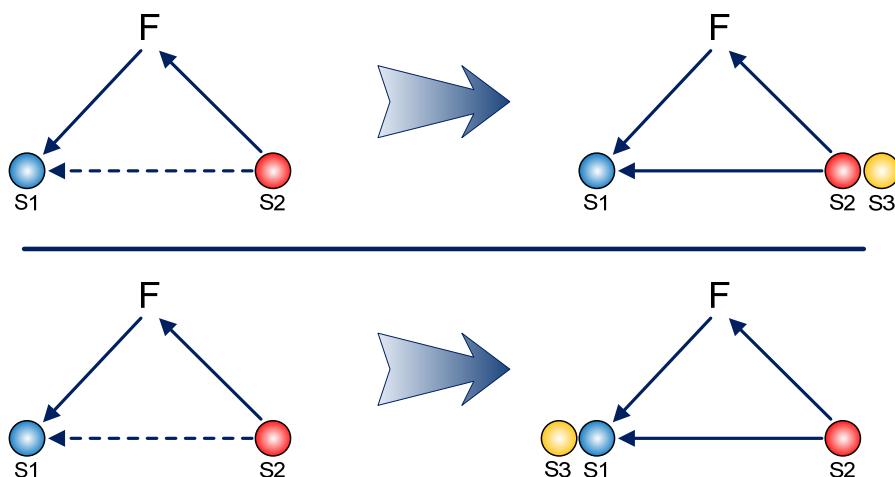


Figure 2.2.1.1.3.a – STANDARD 1-1-3 : Améliorer les interactions en introduisant des additifs dans un système.



### Méthode

Ce standard est appliqué lorsqu'une fonction est insuffisante, c'est-à-dire que la modification exercée sur l'objet ne correspond pas aux attentes, et qu'il est permis d'ajouter des additifs externes à l'élément de travail (Figure 2.2.1.1.3.a, en haut) ou à l'objet (Figure 2.2.1.1.3.a, en bas).

Les étapes suivantes doivent être réalisées :

1. Créer un modèle Su-Field de la fonction utile insuffisante ; identifier la modification de paramètre à améliorer ;
2. vérifier qu'il est possible d'ajouter des additifs externes à l'élément de travail et/ou à l'objet ;
3. rechercher des substances qui pourraient améliorer l'efficacité du champ existant ;
4. vérifier qu'il n'y a pas de limitations à l'introduction d'une substance aussi spécifique dans un système technique.

Note : la troisième étape peut être réalisée avec un tableau de ressources substances.

## Exemple

Conduire une voiture lorsque la route est recouverte de neige peut être dangereux, l'adhérence des roues étant plutôt mauvaise. La Figure 2.2.1.1.3.b, gauche, représente un modèle Su-Field de la situation.

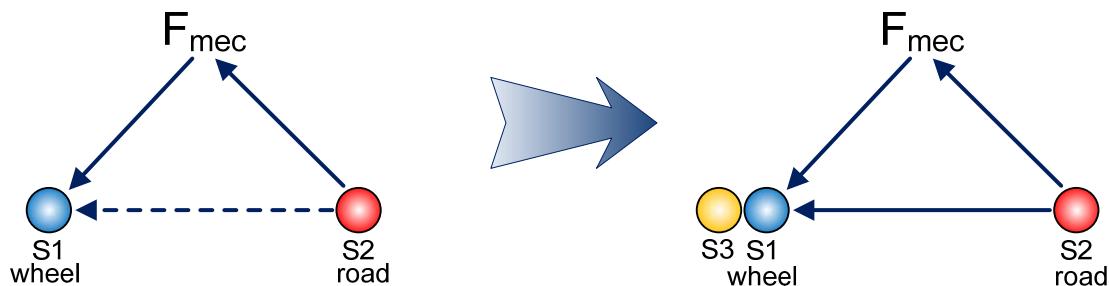


Figure 2.2.1.1.3.b – Exemple d'application du Standard 1-1-3 pour améliorer la fonction utile « aider la roue ».

Pour améliorer l'interaction utile entre la route (couverte de neige) et la roue, le Standard 1-1-3 suggère d'ajouter une substance externe à la route ou à la roue (Figure 2.2.1.1.3.a). Bien qu'il soit possible, en Théorie, d'appliquer une substance externe sur la route pour améliorer son adhérence, il est clair qu'il est bien plus pratique d'appliquer un additif externe à la roue (Figure 2.2.1.1.3.b, droite).

Une solution connue est l'utilisation de chaînes.

## Auto-évaluation

### Exercice 1 :



Un couvercle plastique doit être peint, mais il est très lisse et pas du tout poreux, et la peinture n'adhère donc pas suffisamment sur la surface. Essayez de résoudre ce problème en utilisant le Standard 1-1-3.

### Réponse 1 :



Cette situation est un autre exemple d'action utile mais insuffisante de  $S_2$  (la peinture) sur  $S_1$  (la partie qui doit être peinte), comme représenté sur la Figure 2.2.1.1.3.c, gauche.

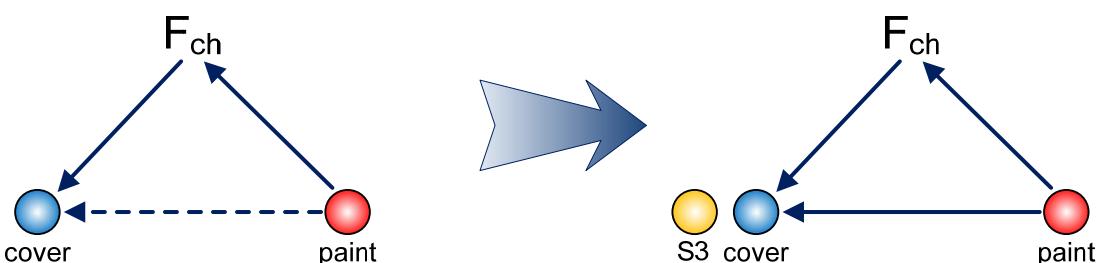


Figure 2.2.1.1.3.c – Comment peindre un couvercle plastique grâce à un modèle Su-Field.

Le paramètre à améliorer est l'adhérence de la peinture sur le couvercle. Pour résoudre ce problème, d'après la Solution Standard 1-1-3, nous devons ajouter une substance externe  $S_3$  à la peinture ou au couvercle, comme représenté sur la Figure 2.2.1.1.3.c, gauche. Ajouter quelque chose à la peinture est une façon de suivre les indications du Standard 1-1-2. La substance externe doit donc être placée près ou au-dessus du couvercle. Une solution

explicative pourrait être l'utilisation d'un spray fixant sur le couvercle avant l'application de la peinture (Figure 2.2.1.1.3.c, droite).

## Références

- [1] VV.AA.: *Un fil dans le labyrinthe* (en russe). Petrozavodsk: Karelia, 1988. ISBN 5-7545-0020-3.



## STANDARD 1-1-4 : UTILISATION DE L'ENVIRONNEMENT POUR AMÉLIORER LES INTERACTIONS

### Définition



Améliorer un Su-Field signifie améliorer l'effet positif d'une interaction fonctionnelle entre la Substance 2 (*Outil ou Organe de travail*) et la Substance 1 (*Produit ou Objet*) sans modifier le champ principal existant entre les substances.

L'interaction peut être améliorée en utilisant l'environnement comme troisième substance, ce qui peut augmenter l'efficacité du système.

### Théorie

S'il est nécessaire d'améliorer l'effet positif d'une fonction utile sur un objet, et si les conditions ne comportent pas de limitation quant à l'ajout d'additifs aux substances données, le problème peut être résolu en utilisant l'environnement comme troisième substance pour améliorer la contrôlabilité ou transmettre les propriétés requises à l'interaction Su-Field. Le rôle de l'environnement est d'amplifier l'effet de l'interaction existante entre les substances dans le champ présent, ou d'augmenter le degré de contrôle de l'interaction. C'est pourquoi il n'est pas permis de modifier la nature du champ existant entre les deux substances.

### Modèle

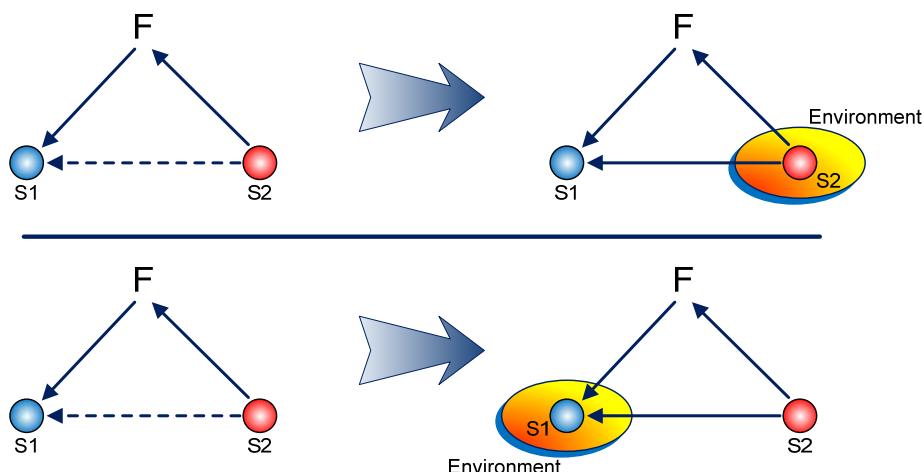


Figure 2.2.1.1.4.a – STANDARD 1-1-4 : Utilisation de l'environnement pour améliorer les interactions.

### Méthode

Ce standard est appliqué lorsqu'une fonction est insuffisante, c'est-à-dire que la modification exercée sur l'objet ne correspond pas aux attentes, et qu'il n'est pas permis d'ajouter des additifs externes à l'élément de travail.

Dans un tel cas, il faut vérifier que l'environnement entourant l'une quelconque des substances qui interagissent puisse fournir les propriétés attendues au champ.

Les étapes suivantes doivent être réalisées :

1. Créer un modèle Su-Field de la fonction utile insuffisante ; identifier la modification de paramètre à améliorer ;
2. définir les propriétés candidates capables d'améliorer l'efficacité du champ existant ;
3. analyser les caractéristiques de l'environnement entourant l'outil de travail (Figure 2.2.1.1.4.a, en haut) ou l'objet (Figure 2.2.1.1.4.a, en bas) et vérifier la disponibilité d'une propriété définie à l'Étape 2 ;
4. Vérifier s'il y a des limitations quant à l'adoption de l'environnement comme la

troisième substance de l’interaction Su-Field.

Note : les deuxième et troisième étapes peuvent être réalisées avec un tableau de ressources substances.

### Exemple

Pour améliorer l’efficacité d’un système de climatisation, les ventilateurs extérieurs sont installés sur le côté nord du bâtiment, profitant ainsi de l’environnement ombragé (Figure 2.2.1.1.4.b).

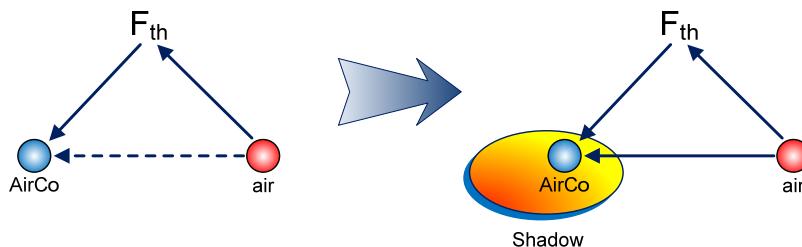


Figure 2.2.1.1.4.b – Placement d’un système de climatisation sur le côté ombragé d’un bâtiment.

Traduction Figure 2.2.1.1.4 b

Climatisation – air

Climatisation – ombre – air

### Auto-évaluation

#### Exercice 1 :

Combien de fois avons-nous acheté une part de pizza à emporter dans un fast-food, et elle n’était pas bonne car trop froide ? Trop de fois. Comment est-il possible d’éviter le refroidissement excessif de la pizza d’après le Standard 1-1-4?



#### Réponse 1 :

Le problème est très simple à représenter avec un modèle minimal. Il y a deux substances : la pizza et le comptoir du fast-food. Le champ entre eux est un champ thermique ; en fait, nous pouvons considérer l’action d’isolation insuffisante du comptoir (Figure 2.2.1.1.4.c, à gauche). Évidemment, il n’est pas possible de construire un comptoir avec une surface chaude, car cela serait trop cher. Nous devons donc utiliser une substance déjà présente dans l’environnement de la pizza et du comptoir comme le suggère la solution standard : les lampes sur la surface pourraient être une bonne solution (Figure 2.2.1.1.4.c, droite).



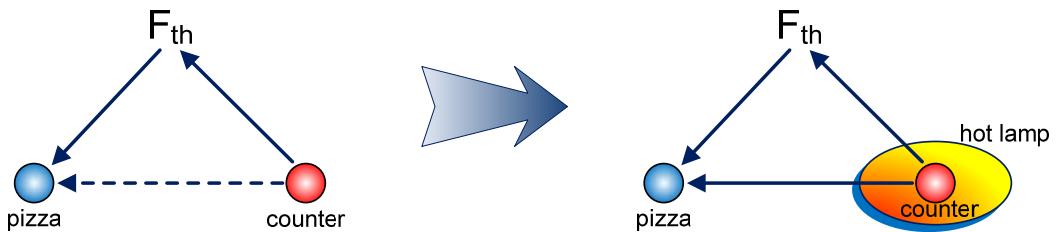


Figure 2.2.1.1.4.c – Le comptoir du fast-food modélisé avec un Su-Field.

Traduction Figure 2.2.1.1.4 c

Pizza – comptoir

Pizza – comptoir – lampe chaude

## Références



- [1] VV.AA.: *Un fil dans le labyrinthe* (en russe). Petrozavodsk: Karelia, 1988. ISBN 5-7545-0020-3.

## STANDARD 1-1-5 : MODIFICATION DE L'ENVIRONNEMENT POUR AMÉLIORER LES INTERACTIONS

### Définition

Améliorer un Su-Field signifie améliorer l'effet positif d'une interaction fonctionnelle entre la Substance 2 (*Outil* ou *Organe de travail*) et la Substance 1 (*Produit* ou *Objet*) sans modifier le champ principal existant entre les substances.



L'interaction peut être améliorée en utilisant une modification de l'environnement comme troisième substance, ce qui peut augmenter l'efficacité du système.

### Théorie

S'il est nécessaire d'améliorer l'effet positif d'une fonction utile sur un objet, et si les conditions comportent des limitations quant à l'ajout d'additifs aux substances données et que l'environnement existant ne comporte pas les substances aux propriétés adaptées, le problème peut être résolu en remplaçant l'environnement existant par un autre environnement, en décomposant l'environnement ou en introduisant des additifs dans l'environnement de manière que l'environnement modifié puisse jouer le rôle d'une troisième substance pour améliorer la contrôlabilité ou transmettre les propriétés requises à l'interaction Su-Field.

Le rôle de l'environnement est d'amplifier l'effet de l'interaction existante entre les substances sous le champ présent, ou d'augmenter le degré de contrôle de l'interaction. C'est pourquoi il n'est pas permis de modifier la nature du champ existant entre les deux substances.

### Modèle

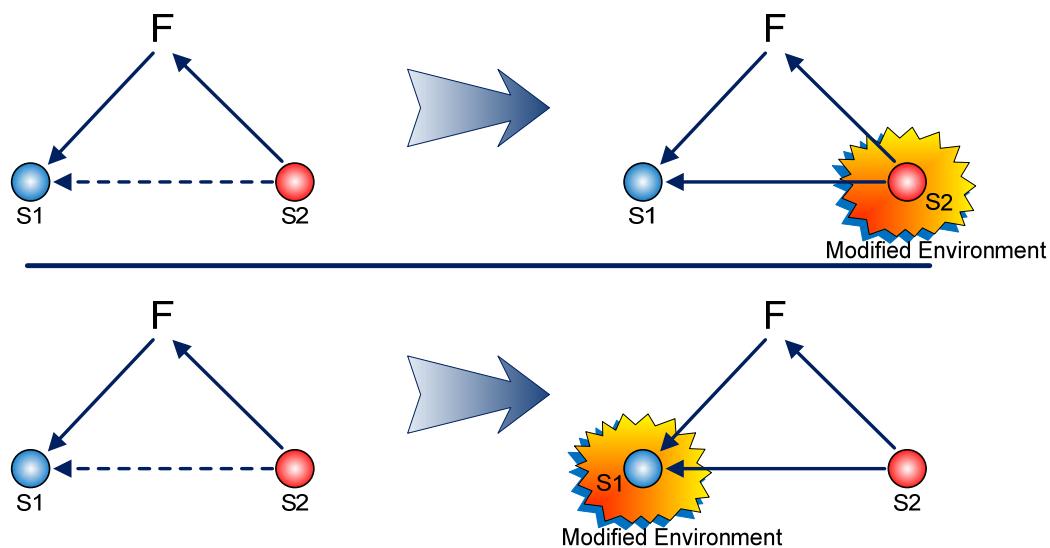


Figure 2.2.1.1.5.a – STANDARD 1-1-5 : Modification de l'environnement pour améliorer les interactions.

Traduction Figure 2.2.1.1.5 a  
Environnement modifié



### Méthode

Ce standard est appliqué lorsqu'une fonction est insuffisante, c'est-à-dire que la modification exercée sur l'objet ne correspond pas aux attentes, qu'il n'est pas permis d'ajouter des additifs externes à l'élément de travail et que l'environnement existant ne dispose pas des propriétés adaptées pour améliorer l'interaction entre les deux substances.

Dans un tel cas, il faut vérifier qu'une modification de l'environnement entourant l'une quelconque des substances qui interagissent puisse fournir les propriétés attendues au champ.

Les étapes suivantes doivent être réalisées :

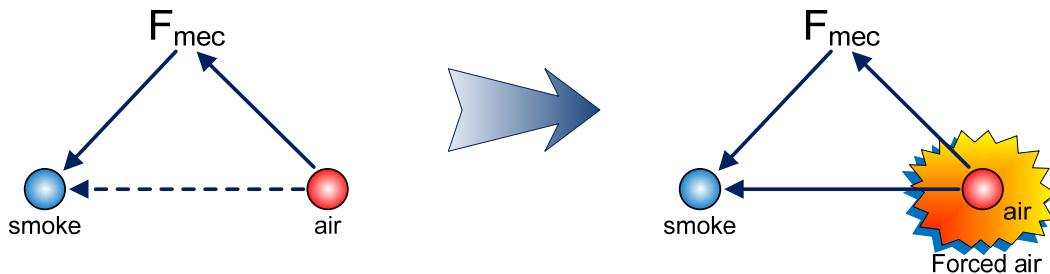
1. Créer un modèle Su-Field de la fonction utile insuffisante ; identifier la modification de paramètre à améliorer ;
2. définir les propriétés candidates capables d'améliorer l'efficacité du champ existant ;
3. analyser les caractéristiques de l'environnement entourant l'outil de travail (Figure 2.2.1.1.5.a, en haut) ou l'objet (Figure 2.2.1.1.5.a, en bas) et vérifier qu'une propriété définie à l'Étape 2 puisse être obtenue en :
  - \* introduisant une troisième substance dans l'environnement ;
  - \* décomposant l'environnement selon ses substances constitutantes ;
  - \* remplaçant l'environnement ;
- 4 Vérifier s'il y a des limitations quant à la modification de l'environnement sélectionnée.

Note : les deuxième et troisième étapes peuvent être réalisées avec un tableau de ressources substances.

### Exemple



Dans une salle fumeurs, après peu de temps déjà, l'air devient irrespirable même pour les fumeurs les plus accros car l'air entourant les fumeurs ne dissipe pas la fumée de manière adéquate (Figure 2.2.1.1.5.b, gauche).



*Figure 2.2.1.1.5.b – Un modèle explicatif de la Solution Standard 1-1-5.  
Traduction Figure 2.2.1.1.5 b      Fumée – air      Fumée – air forcé*

Si nous observons l'environnement, nous pouvons par exemple trouver de l'air propre qui pourrait aider à dissoudre la fumée rapidement. Mais si l'air - c'est-à-dire à la fois l'air propre et l'air pollué - est immobile, la situation problématique ne change pas suffisamment. Nous pouvons alors imaginer forcer l'introduction d'air propre dans la salle pour enlever rapidement une quantité importante d'air pollué (Figure 2.2.1.1.5.b, droite).

### Auto-évaluation

#### Exercice 1 :



Nina a invité ses amis à manger de la pizza italienne faite maison. Elle lit la recette dans un livre de recettes et prépare la pâte. Mais alors qu'elle finit de mélanger les ingrédients, elle se rend compte que la pâte ne lèvera pas assez rapidement pour le dîner parce que le temps de levée est assez long. Ayant justement étudié le Standard 1-1-5, comment pensez-vous que nous puissions aider notre amie Nina ?

#### Réponse 1 :

La situation initiale de stress de Nina est représentée sur la Figure 2.2.1.1.5.c, gauche, où S<sub>2</sub>, le processus de levée, par un champ chimique, n'est pas suffisamment rapide pour permettre à la pâte de lever suffisamment S<sub>1</sub> et à temps.



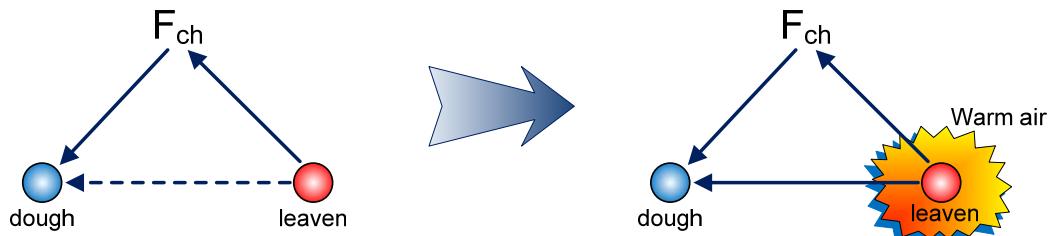


Figure 2.2.1.1.5.c – Le modèle pour améliorer le processus de levée.  
Traduction Figure 2.2.1.1.54 c      Pâte – levée      Pâte – levée – air chaud

Le paramètre à améliorer est le temps de la levée qui dépend, entre autres, de la température. D'après le Standard 1-1-5, nous devons considérer l'environnement de la pâte et essayer de le changer d'une manière ou d'une autre. Donc, si la pâte est entourée par de l'air plus chaud, elle lèvera plus vite (Figure 2.2.1.1.5.c, droite).

## Références

- [1] VV.AA.: *Un fil dans le labyrinthe* (en russe). Petrozavodsk: Karelia, 1988. ISBN 5-7545-0020-3.



## STANDARD 1-1-6 : FOURNIR L'ACTION MINIMALE D'UNE ACTION

### Définition



Fournir l'effet minimal d'une action est nécessaire lorsqu'une action utile excessive est produite. Il est alors nécessaire de réduire l'impact de l'Outil sur l'Objet d'une interaction Su-Field.

### Théorie

Lorsqu'il y a un excès de Substance ou un excès de Champ et qu'il est difficile, voire impossible, de fournir une quantité contrôlée (mesurée, optimale) de Substance ou de Champ, il est recommandé de conserver le statut de la substance ou du champ excessifs, et de retirer la substance superflue dans une deuxième étape. L'excès d'une substance est éliminé par un champ (Figure 2.2.1.1.6.a, en haut), tandis que l'excès de champ est éliminé par une substance (Figure 2.2.1.1.6.a, en bas).

### Modèle

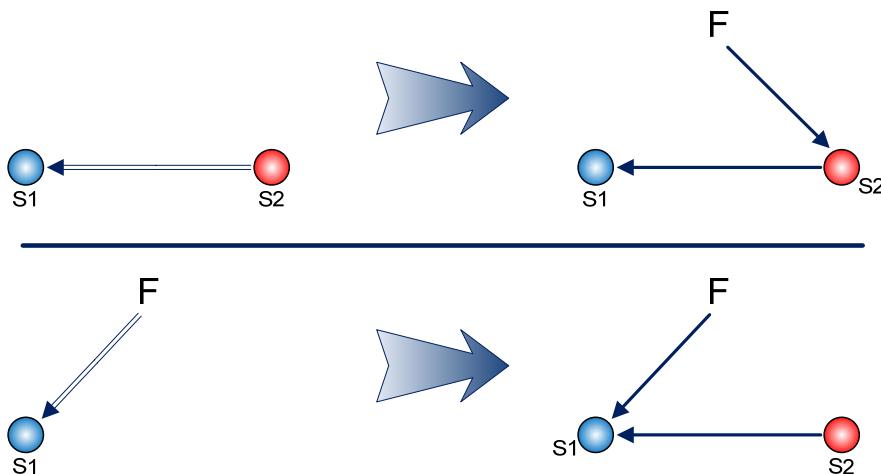


Figure 2.2.1.1.6.a – STANDARD 1-1-6 : Fournir l'effet minimal d'une action.

### Méthode

Ce standard est appliqué lorsqu'une quantité excessive de substance est présente dans le système ou qu'une interaction utile est excessive (1.1.2 – Types d'interactions et symboles correspondants).

S'il est trop difficile ou impossible de réduire et de contrôler la quantité de substance / champ, les étapes suivantes doivent être réalisées :

1. créer un modèle Su-Field de l'interaction utile excessive ;
2. identifier le paramètre caractérisé par une valeur excessive ;
3. introduire une modification capable d'éliminer l'excès :
  - \* si le paramètre excessif est lié à une Substance  $S_2$ , cherchez des ressources champ à appliquer à  $S_2$  qui sont capables de produire la valeur désirée du paramètre  $S_2$  ;
  - \* si le paramètre excessif est lié à l'impact d'un champ  $F$  sur une substance  $S_1$ , cherchez des ressources substances à appliquer à  $S_1$  qui sont capables de produire l'impact désiré sur le champ  $F$  :

Note : la troisième étape peut être réalisée avec un tableau de ressources substances-champ.

## Exemple :

Nina est à la plage et elle est allongée au soleil pour bronzer et devenir plus jolie. Mais, comme tout le monde le sait, trop de soleil est dangereux pour notre peau, notamment en raison des rayons UV et B. Elle est étudiante TRIZ et reconnaît tout de suite qu'elle pourrait appliquer une solution standard pour résoudre son problème. Le soleil est le soleil et elle ne peut influencer son champ électromagnétique même si celui-ci est excessif. Mais elle veut prendre un bain de soleil. Donc, la situation initiale est celle représentée sur la Figure 2.2.1.1.6.b, gauche.

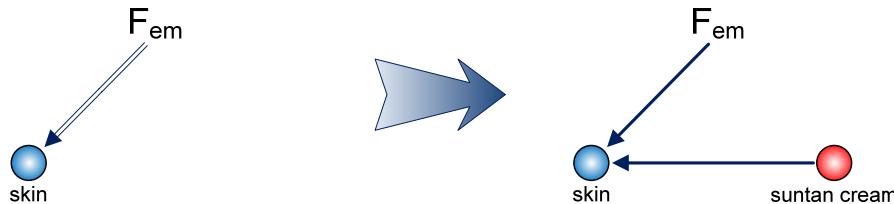


Figure 2.2.1.1.6.b – Résoudre un problème de coup de soleil avec un Su-Field.  
Traduction Figure 2.2.1.1.6 b      Peau      Peau – crème solaire

D'après la Solution Standard 1-1-6, une seconde substance  $S_2$  est nécessaire pour réduire l'effet produit par le soleil. Cette substance est la crème solaire qui réduit l'effet des rayons du soleil sur la peau de Nina (Figure 2.2.1.1.6.b, droite).

## Auto-évaluation

### Exercice 1 :

Bill est au travail et doit concevoir un dispositif pour remplir de petits granules les soixante trous placés de manière radiale sur une roue tournante. La roue a un axe horizontal et elle tourne à très grande vitesse. Les trous permettent de placer un granule à la fois sur un autre dispositif mécanique qui retire le granule et le dépose sur un tapis roulant. Le système de chargement de la roue comprend un conteneur plein de granules ; la roue passe dans ce conteneur et les granules tombent dans les trous grâce à la gravité et à un flux d'air. Mais à la vitesse donnée, il y a un grand nombre d'échecs. Comment Bill peut-il améliorer son dispositif en appliquant le Standard 1-1-6 ?



### Réponse 1 :

La première étape en direction de la solution est de voir que la roue contient plus de granules que ce qui est nécessaire. On obtient ainsi la situation initiale adaptée au Standard 1-1-6 : un nombre excessif de granules ( $S_2$ ) remplit la portion externe de la roue ( $S_1$ ), comme représenté sur la Figure 2.2.1.1.6.c.

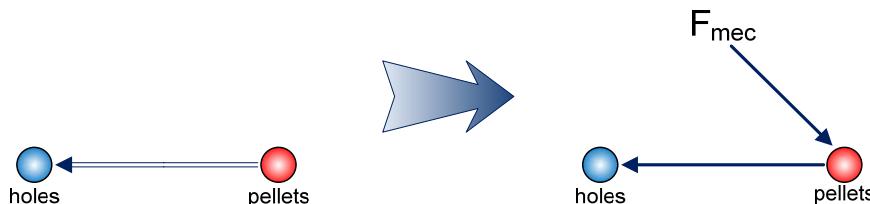


Figure 2.2.1.1.6.c – Un dispositif pour améliorer l'efficacité de remplissage de granules en utilisant le Standard 1-1-6.  
Traduction Figure 2.2.1.1.6 c      Trous – granules

Le nombre de granules est le paramètre présentant une valeur excessive, et ils sont fournis par une substance à une autre substance. Nous devons donc trouver un champ capable d'assurer que le paramètre choisi présente la bonne valeur. Nous avons une roue qui tourne à grande

vitesse : les forces centrifuges pourraient représenter notre ressource pour satisfaire le modèle du standard.

### Exercice 2:



Parfois, certains acides sont nécessaires pour nettoyer les surfaces de la salle de bain et enlever le calcaire ou toute autre tâche. Mais leurs effets chimiques peuvent être excessifs pour l'émail qui peut s'éroder. Comment pouvez-vous résoudre ce problème en appliquant le Standard 1-1-6 ?

### Réponse 2 :



Commencer par créer un modèle de la situation initiale : nous n'avons qu'un champ ( $F_{ch}$ ) qui a une action excessive sur la l'émail ( $S_1$ ), comme représenté sur la Figure 2.2.1.1.6.d, gauche. Dans ce cas, nous pouvons choisir le pH du produit nettoyant comme paramètre présentant une valeur excessive. D'après le Standard 1-1-6, nous devons trouver une deuxième substance ( $S_2$ ) pour que l'action devienne utile et suffisante. Cette deuxième substance peut être un agent diluant à l'intérieur de la bouteille d'acide qui absorbe une partie de son pouvoir corrosif et augmente son pH (Figure 2.2.1.1.6.d, droite).

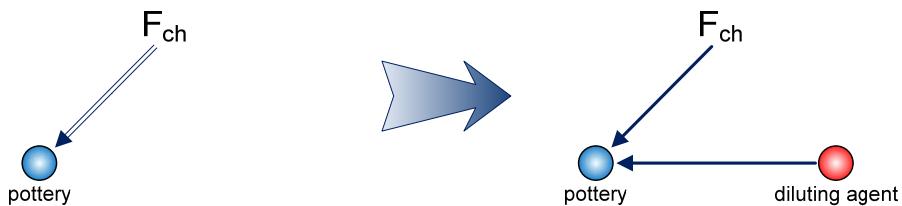


Figure 2.2.1.1.6.d – Une solution possible pour résoudre un champ actif excessif.  
Traduction Figure 2.2.1.1.6 d      émail      Poterie – agent diluant

### Références

- [1] VV.AA.: *Un fil dans le labyrinthe* (en russe). Petrozavodsk: Karelia, 1988. ISBN 5-7545-0020-3.



## STANDARD 1-1-7 : FOURNIR L'EFFET MAXIMAL D'UNE ACTION



4.1.1.2 – TYPES D'INTERACTIONS ET SYMBOLES CORRESPONDANTS

### Définition

Si l'effet maximal d'une action sur une substance (Objet) est nécessaire mais que cela n'est pas permis, l'action maximale doit être conservée mais dirigée sur une autre substance liée à l'objet lui-même.



### Théorie

Quand on souhaite exercer un effet maximal sur un certain objet, mais que les conditions du système supposent certains obstacles à l'action directe d'un champ aussi puissant sur l'objet lui-même (Figure 2.2.1.1.7.a, gauche), il est conseillé de faire en sorte que le même champ soit dirigé sur une autre substance liée à l'objet afin de conserver les bénéfices sans violer les contraintes du système et/ou sans provoquer de dommages (Figure 2.2.1.1.7.a, droite).

### Modèle

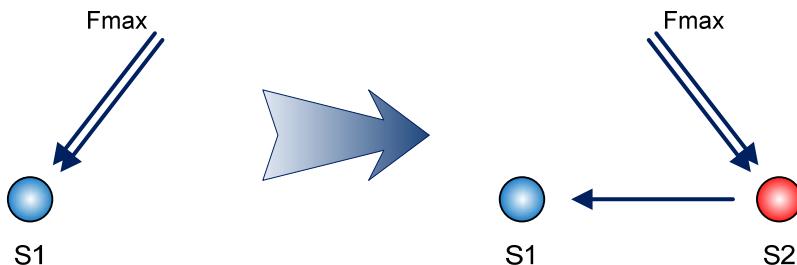


Figure 2.2.1.1.7.a – STANDARD 1-1-7 : Fournir l'effet maximal d'une action.

### Méthode

Ce standard est appliqué lorsque l'étendue maximale d'une interaction utile est désirée, mais qu'elle ne peut pas être appliquée, et que les résultats sont donc excessifs (*1.1.2 – Types d'interactions et symboles correspondants*).

Si l'on ne souhaite pas réduire et contrôler la quantité de champ, les étapes suivantes doivent être réalisées :

1. créer un modèle Su-Field de l'interaction utile excessive ;
2. identifier le paramètre caractérisé par une valeur excessive ;
3. chercher des substances qui peuvent être soumises à la même interaction utile et qui tolèrent son effet maximal ;
4. identifier les ressources possibles (propriétés, caractéristiques) de la substance  $S_1$  qui peuvent être liées à la substance ajoutée  $S_2$ .



Note : les troisième et quatrième étapes peuvent être réalisées avec un tableau de ressources substance-champ.

## Exemple



Souvent, la rotation correcte est nécessaire pour serrer les vis. Si trop peu de force est appliquée sur la clé, il est impossible d'atteindre le résultat désiré. Si une trop grande force est appliquée, la limite de la rotation désirée sur la vis pourrait être excédée, ce qui risque de casser la tête de vis. Lorsque l'on traduit cette situation en langue Su-Field, il y a une substance  $S_1$ , la vis, sur laquelle est appliquée un champ mécanique (Figure 2.2.1.1.7.b, gauche).

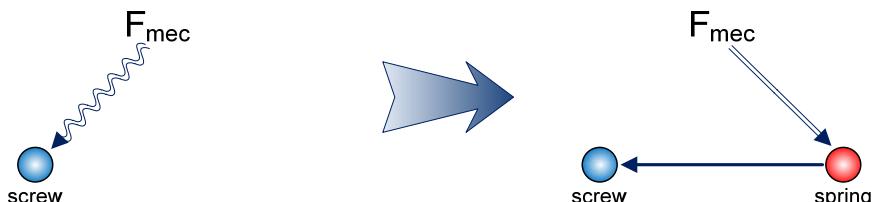


Figure 2.2.1.1.7.b – Le modèle d'un problème mécanique résolu avec le Standard 1-1-7

Le champ doit être à son niveau maximal pour atteindre le but, mais il est impossible à appliquer en raison du risque de dépasser la résistance de la vis. Une deuxième substance  $S_2$  est requise entre  $F_{mec}$  et  $S_1$  : cette substance peut être un ressort qui permet le transfert de rotation jusqu'à une valeur donnée, puis il se déforme de manière que même lorsque la force maximale est exercée, la vis est en sécurité (Figure 2.2.1.1.7.b, droite).

## Auto-évaluation

### Exercice 1 :



Le grand-père de Nina est menuisier. Il fabrique une armoire en bois et doit réaliser un assemblage à queue d'aronde. Pour faire cela, il doit taper sur le bois avec un marteau car beaucoup de force est nécessaire. Mais le marteau va endommager le bois. Pouvez-vous aider le menuisier ?

### Réponse 1 :

 La situation initiale pourrait être modélisée avec un champ développé par le marteau –c'est-à-dire un champ mécanique – qui interagit de manière excessive et néfaste sur la queue d'aronde en bois ( $S_1$ ) (voir Figure 2.2.1.1.7.c, gauche). D'après le Standard 1-1-7, nous devons trouver une deuxième substance liée à la première qui permettra de préserver l'effet maximal sur le champ (Figure 2.2.1.1.7.c, droite). Cette substance pourrait être un morceau de bois sur la queue d'aronde qui transmettra la force de frappe du marteau au raccord tout en évitant les conséquences néfastes en distribuant la force sur une surface plus grande.

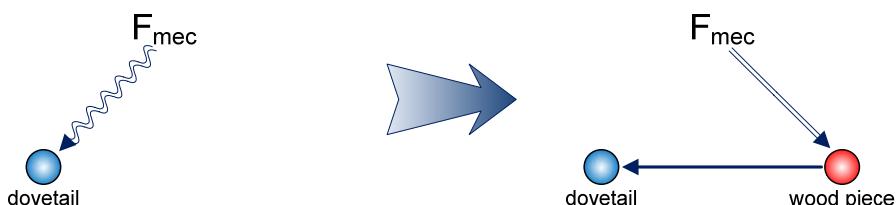


Figure 2.2.1.1.7.c – Une solution standard appliquée en menuiserie.

Traduction Figure 2.2.1.1.7 v      Queue d'aronde    Queue d'aronde – morceau de bois



## Références

- [1] VV.AA.: *Un fil dans le labyrinthe* (en russe). Petrozavodsk: Karelia, 1988. ISBN 5-7545-0020-3.

## STANDARD 1-1-8 : FOURNIR UN EFFET SÉLECTIF

### Définition

Un effet sélectif d'une action est nécessaire lorsque l'effet d'un certain champ sur une substance (objet) est requis pour obtenir différentes valeurs dans différentes régions de l'objet lui-même.



### Théorie

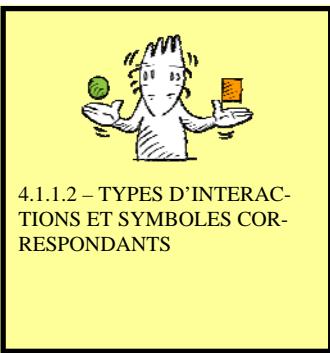
Quand un champ utile est appliqué à un certain objet, mais que l'on désire avoir un impact différent d'un tel champ sur différentes régions de l'objet lui-même, deux options sont possibles :

- \* appliquer un champ maximal, puis introduire une substance protectrice aux endroits où un effet minimal est requis (voir 2.2.1.1.8.1);
- \* appliquer un champ minimal, puis introduire une nouvelle substance capable d'amplifier l'effet local là où l'effet maximal est requis (voir 2.2.1.1.8.2).

### Références

- [1] VV.AA.: *Un fil dans le labyrinthe* (en russe). Petrozavodsk: Karelia, 1988. ISBN 5-7545-0020-3.





## STANDARD 1-1-8-1 : FOURNIR UN EFFET SÉLECTIF AVEC UN CHAMP MAXIMAL ET UNE SUBSTANCE PROTECTRICE



### Définition

Un effet sélectif d'une action est requis lorsque l'effet d'un certain champ sur une substance (objet) est nécessaire pour obtenir différentes valeurs dans différentes régions de l'objet lui-même.

### Théorie

Lorsqu'un champ utile est appliqué sur un certain objet, mais que l'on désire avoir un impact différent d'un tel champ sur différentes régions de l'objet lui-même, il est possible d'appliquer un champ maximal à l'objet entier, puis une substance protectrice aux endroits où un effet minimal est requis.

### Modèle

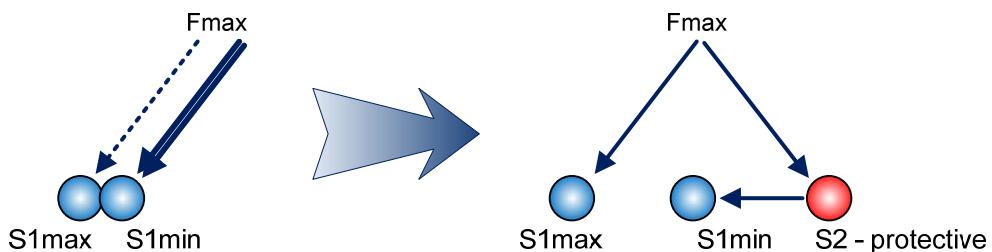


Figure 2.2.1.1.8.1.a – STANDARD 1-1-8-1 : Fournir un effet sélectif grâce à un champ maximal et une substance protectrice

### Méthode

Ce standard est appliquée lorsque l'étendue maximale d'une interaction utile est désirée, mais ne peut pas être appliquée à l'objet entier et est donc excessive sur une portion de l'objet lui-même (1.1.2 – 1.1.2 – Types d'interactions et symboles correspondants).

Si on ne désire pas réduire et contrôler la quantité de champ, les étapes suivantes peuvent être réalisées :

1. créer un modèle Su-Field de l'interaction utile excessive ;
2. identifier l'espace opérationnel de l'interaction et distinguer les régions de la Substance S<sub>1</sub> où des valeurs différentes du même paramètre sont requises ;
3. chercher des substances pouvant jouer un rôle protecteur pour la Substance S<sub>1</sub>, et plus précisément pour la région où un effet minimal est requis ;
4. identifier des ressources possibles (propriétés, caractéristiques) pour lier les substances S<sub>1</sub> et S<sub>2</sub>.

Note : les troisième et quatrième étapes peuvent être réalisées avec un tableau de ressources substance-champ.

## Exemple

Les voitures modernes disposent de grandes vitres et pare-brises pour optimiser la visibilité de l'environnement externe. Cependant, lorsque le soleil est haut et très lumineux, spécialement en été, les grands pare-brises laissent pénétrer trop de lumière sur le visage du conducteur et des passagers.



Créons un modèle de la situation : il y a la lumière du soleil - qui est un champ électromagnétique - qui a un effet sur tout le compartiment passager à travers le pare-brise (Figure 2.2.1.1.8.1.b gauche).

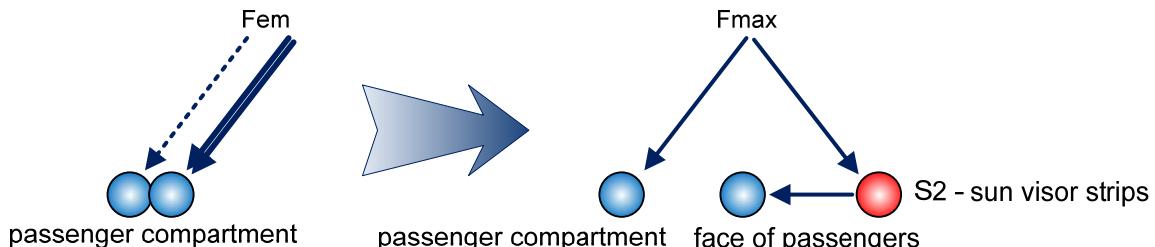


Figure 2.2.1.1.8.1.b – La Solution Standard 1-1-8-1 a été utilisée pour résoudre un problème de la vie de tous les jours.

Traduction Figure 2.2.1.1.8.1 b      Compartiment passager  
Compartiment passager – visage des passagers – bandes pare-soleils

La lumière étant excessive pour une partie du compartiment passager (où les visages du conducteur et des passagers sont positionnés) nous devons, d'après le Standard 1-1-8-1, ajouter une substance externe entre le champ et les yeux lorsque nous conduisons. Cette substance externe sert à absorber le champ excessif là où cela est pratique. La solution pourrait être une bande pare-soleil sur le haut du pare-brise, à travers laquelle il est possible voir, mais qui arrête la luminosité excessive de la lumière du soleil (voir Figure 2.2.1.1.8.1.b, droite et 2.2.1.1.8.1.c).



Figure 2.2.1.1.8.1.c – La bande pare-soleil est visible sur le haut du pare-brise : on peut voir à travers elle, mais le soleil ne dérange plus car la bande pare-soleil est plus foncée que le verre transparent du pare-brise.

## Auto-évaluation

### Exercice 1 :

Nous sommes à l'hôpital. Le frère de Nina a eu un accident et on doit lui faire des radios. Cependant, le médecin ne doit examiner que certaines parties intéressantes et critiques de son corps, plutôt que son corps entier. Comme tout le monde le sait, les rayons X ne sont pas sains et Nina propose donc une solution inventive. Avez-vous une idée d'après le Standard 1-1-8-1 ?



## Réponse 1 :

 La situation initiale peut être représentée de la manière suivante : un fort champ électromagnétique atteint le corps du frère de Nina : c'est utile dans certaines zones, mais dans d'autres zones, cela peut être très dangereux. Voir Figure 2.2.1.1.8.1.d, gauche.

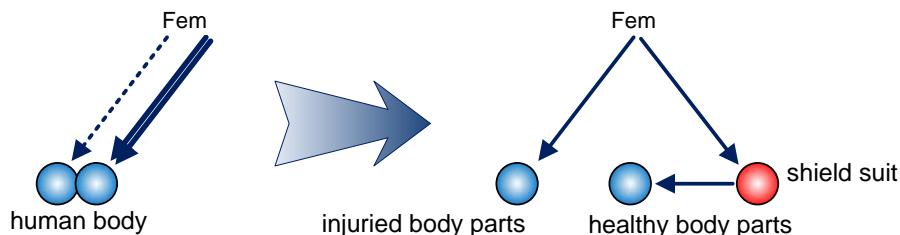


Figure 2.2.1.1.8.1.d – Une application du Standard 1-1-8-1 dans un environnement médical.

Traduction Figure 2.2.1.1.8.1 d

Corps humain

Parties blessées du corps – parties saines du corps – combinaison protectrice

Le même champ est attendu dans certaines zones, mais pas désiré dans d'autres zones. Donc, d'après les suggestions du Standard 1-8-1, nous avons besoin d'une substance  $S_2$  qui est atteinte par le champ électromagnétique, mais qui offre aux zones non intéressantes une protection contre les rayons X (Figure 2.2.1.1.8.1.d, droite). Cette deuxième substance peut être une combinaison spéciale faite d'un matériau absorbant ou reflétant les rayons X avec des trous correspondant aux zones intéressantes pour le diagnostique.

## Références

- [1] VV.AA.: *Un fil dans le labyrinthe* (en russe). Petrozavodsk: Karelia, 1988. ISBN 5-7545-0020-3.



## 4.1.1.1 – TYPES DE CHAMPS ET SYMBOLES CORRESPONDANTS

### STANDARD 1-1-8-2 : FOURNIR UN EFFET SÉLECTIF AVEC UN CHAMP MINIMAL ET UNE SUBSTANCE ACTIVE

#### Définition

Un effet sélectif d'une action est nécessaire lorsque l'effet d'un certain champ sur une substance (objet) doit avoir différentes valeurs dans différentes régions de l'objet lui-même.



#### Théorie

Quand un champ utile est appliqué à un certain objet, mais que l'on désire avoir un impact différent d'un tel champ sur différentes régions de l'objet lui-même, il est possible d'appliquer un champ minimal, puis d'introduire une nouvelle substance capable d'amplifier l'effet local là où l'effet maximal est requis.

#### Modèle

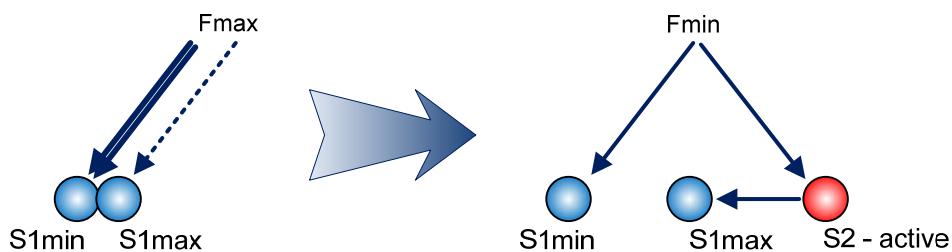


Figure 2.2.1.1.8.2.a – STANDARD 1-1-8-2 : Fournir un effet sélectif grâce à un champ minimal et une substance active.



#### Méthode

Ce standard est appliquée lorsque l'étendue maximale d'une interaction utile est désirée, mais ne peut pas être appliquée à l'objet entier et est donc excessive sur une portion de l'objet lui-même (1.1.2 – 1.1.2 – Types d'interactions et symboles correspondants).

Si on ne désire pas réduire et contrôler la quantité de champ, les étapes suivantes peuvent être réalisées :

- \* créer un modèle Su-Field de l'interaction utile excessive ;
- \* identifier l'espace opérationnel de l'interaction et distinguer les régions de la Substance  $S_1$  où des valeurs différentes du même paramètre sont requises ;
- \* chercher des substances pouvant jouer un rôle actif (amplification) pour la Substance  $S_1$ , et plus précisément pour la région où un effet maximal est requis ;
- \* identifier des ressources possibles (propriétés, caractéristiques) pour lier les substances  $S_1$  et  $S_2$ .

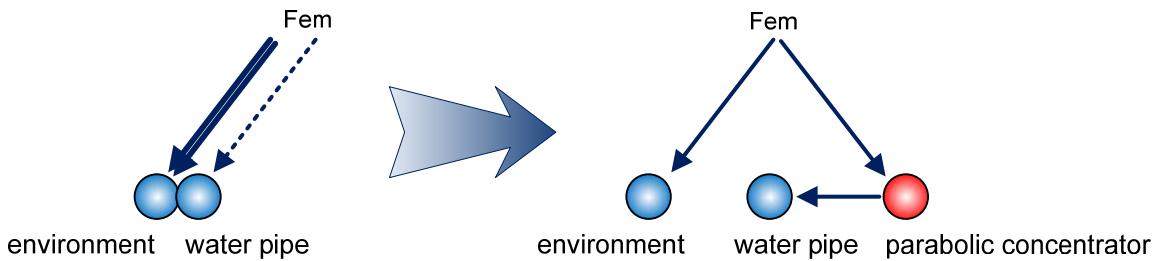
Note : les troisième et quatrième étapes peuvent être réalisées avec un tableau de ressources substance-champ.



#### Exemple

Cela peut sembler bizarre, mais certains dispositifs produisant de l'air rafraîchi et appelés systèmes de climatisation à absorption directe ont besoin d'eau à une température de plus de

100°C. Les systèmes de climatisation sont surtout utilisés en été lorsqu'il y a beaucoup de journées ensoleillées. Alors pourquoi ne pas utiliser le soleil pour chauffer l'eau ? Comme nous le savons, l'eau d'une piscine, même si elle est exposée à des températures élevées toute la journée, n'atteint jamais 100°C. Il est bien plus facile de chauffer un peu d'eau à la fois, comme dans un tube, mais le soleil ne permet pas d'atteindre ce résultat. Nous avons donc un champ électromagnétique produit par le soleil suffisant pour la vie sur Terre, mais insuffisant pour chauffer un tube d'eau à 100°C. Cela est le modèle initial du standard, comme représenté sur la Figure 2.2.1.1.8.2.b, gauche.



*Figure 2.2.1.1.8.2.b – Un exemple de Standard 1-1-8-2 : un concentrateur parabolique.*

*Traduction Figure 2.2.1.1.8.2 b*

*Environnement – tube d'eau*

*Environnement – tube d'eau –concentrateur parabolique*

Puisque le pouvoir d'irradiation du soleil ne peut pas être augmenté, une substance S<sub>2</sub> qui joue ce rôle doit être trouvée (Figure 2.2.1.1.8.2, droite). Un miroir parabolique visant le tuyau peut multiplier l'effet du soleil, chauffer très rapidement l'eau dans le tube et permettre d'atteindre une température de plus de 100°C.

## Auto-évaluation

### Exercice 1 :



Le grand-père de Nina a 91 ans et a des problèmes d'audition. Ses proches doivent donc éléver la voix pour qu'il les entende. Nina n'aime pas cette situation et elle a donc étudié le problème et trouvé une solution d'après le Standard 1-1-8-2. Pouvez-vous deviner sa solution ?

## Réponse 1 :

La première étape réalisée par Nina a été de modéliser la situation initiale. Nous avons un champ – un champ acoustique – généré par les personnes qui parlent, qui est suffisant pour être entendu de tous ( $S_2$ ) mais insuffisant pour le grand-père de Nina ( $S_1$ ) (voir Figure 2.2.1.1.8.2.c, gauche). La Solution Standard 1-1-8-2 dit que si un champ doit être élevé dans certaines zones et faible dans d'autres, il doit être appliqué à son niveau le plus bas et une substance externe, qui interagit avec le champ, doit être introduite là où l'effet maximal est requis. Une aide auditive est la bonne solution : elle est placée dans l'oreille du grand-père et amplifie le champ acoustique externe, évitant aux gens de devoir crier pour être compris.

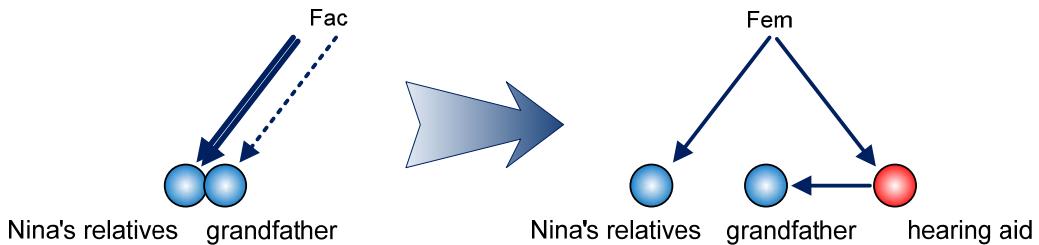


Figure 2.2.1.1.8.2.c – Cette solution standard peut être utilisée partout, y compris avec notre grand-père. C'est le modèle d'un problème avec une personne sourde.

Traduction Figure 2.2.1.1.8.2 c—Les proches de Nina – le grand-père—Les proches de Nina – le grand-père – l'aide auditive

## Références

- [1] VV.AA.: *Un fil dans le labyrinthe* (en russe). Petrozavodsk: Karelia, 1988. ISBN 5-7545-0020-3.



## CLASS 1.2 : ÉLIMINATION D'UNE INTERACTION NÉFASTE

### Définition



L'élimination d'une interaction néfaste consiste à modifier un système Su-Field afin d'éviter qu'un Outil négatif exerce un effet non désiré sur l'Objet de l'interaction.

### Méthode

Le Standard 1-2-1-1-2-5 indique les pas à suivre pour éliminer, ou du moins pour minimiser, l'effet néfaste d'une interaction fonctionnelle non désirée entre deux substances.

### Références



- [1] VV.AA.: *Un fil dans le labyrinthe* (en russe). Petrozavodsk: Karelia, 1988. ISBN 5-7545-0020-3.

## STANDARD 1-2-1: ÉLIMINATION D'UNE INTERACTION NÉFASTE PAR UNE SUBSTANCE ÉTRANGÈRE

### Définition

L'élimination d'une interaction néfaste consiste à modifier un système Su-Field afin d'éviter qu'un Outil négatif exerce un effet non désiré sur l'Objet de l'interaction.



### Théorie

Si des effets utiles et néfastes apparaissent entre deux substances dans un modèle Su-Field et qu'il n'est pas nécessaire de maintenir un contact direct entre les substances, le problème est résolu par l'introduction d'une troisième substance entre elles.

### Modèle



Figure 2.2.1.2.1.a – STANDARD 1-2-1 : Élimination d'une interaction néfaste par une substance étrangère.



### Méthode

Ce standard est appliqué lorsque deux substances échangent à la fois des interactions positives et des interactions négatives (c'est-à-dire que des fonctions utiles et néfastes sont produites) et qu'il est permis d'introduire des additifs entre ces éléments (Figure 2.2.1.2.1.a).

Les étapes suivantes peuvent être réalisées :

créer un modèle Su-Field de la fonction néfaste ; identifier la modification de paramètre à éliminer ;

vérifier s'il est possible d'introduire des additifs entre l'outil et l'objet, c'est-à-dire s'il n'est pas obligatoire de maintenir les deux substances en contact l'une avec l'autre ;

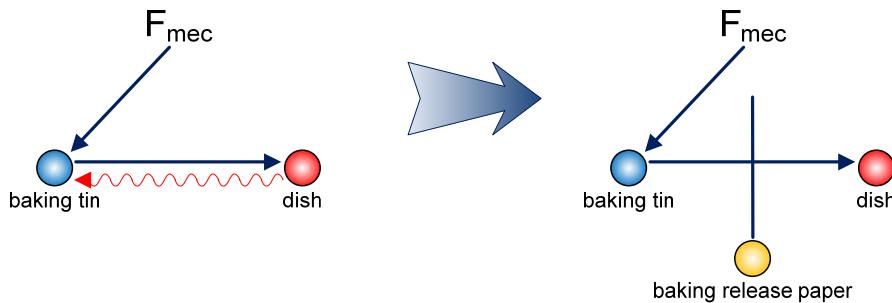
chercher des substances pouvant s'interposer pour interrompre l'interaction néfaste existante ; vérifier s'il y a des limites à l'introduction d'une substance aussi spécifique dans le système technique.

Note : la troisième étape peut être réalisée avec un tableau de ressources substance.



### Exemple

La mère de Nina cuit parfois certains plats au four, mais elle n'aime pas cette façon de cuisiner car la plaque de cuisson utilisée devient très sale (huile incrustée). Si nous essayons de créer un modèle de cette situation, le résultat pourrait ressembler à celui de la Figure 2.2.1.2.1.b, gauche : une plaque de cuisson ( $S_1$ ) réalise l'action utile grâce au champ mécanique consistant à contenir les ingrédients ( $S_2$ ). Mais en même temps, les ingrédients salissent la plaque. Nous devons trouver une substance externe capable d'interrompre l'action néfaste. La solution pourrait être de placer une feuille de cuisson sous les ingrédients pour préserver la propreté de la plaque (Figure 2.2.1.2.1.b, droite).



*Figure 2.2.1.2.1.b – Exemple d’application du Standard 1-2-1 pour éliminer l’effet secondaire néfaste généré par  $S_2$ : une troisième substance a été introduite entre  $S_1$  et  $S_2$ .*

*Traduction Figure 2.2.1.2.1.b      Plaque de cuisson – ingrédients  
Plaque de cuisson – papier de cuisson - ingrédients*

## Auto-évaluation

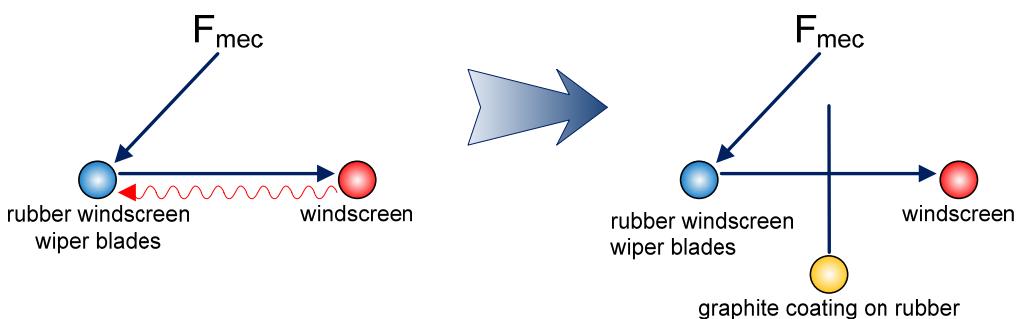
### Exercice 1 :



Nous sommes dans notre voiture et dehors il pleut. Pour nettoyer le pare-brise, nous pouvons utiliser l’essuie-glace. Mais la force de fiction entre le caoutchouc et le verre –utile pour le nettoyage – est néfaste car elle use les balais d’essuie-glace. Essayez de résoudre ce problème en suivant la Solution Standard1-2-1.

### Réponse 1 :

 La situation initiale peut être représentée par un mini-modèle composé d’une première substance  $S_1$ , le caoutchouc des balais de l’essuie-glace, qui nettoie une seconde substance  $S_2$ , le pare-brise, par un champ mécanique. Mais en plus de la fonction utile de nettoyage, nous devons également représenter l’action néfaste : l’usure du caoutchouc causé par les mêmes forces de friction que celles qui sont utiles pour le nettoyage (Figure 2.2.1.2.1.c, gauche). La Solution Standard 1-2-1 suggère de fournir à notre système une troisième substance capable d’arrêter l’effet néfaste du champ mécanique ; voir Figure 2.2.1.2.1.c, droite. La solution pratique adoptée est de couvrir le caoutchouc d’un revêtement en graphite.



*Figure 2.2.1.2.1.c – Comment utiliser le Standard 1-2-1 pour résoudre un problème d’essuie-glace.*

*Traduction Figure 2.2.1.2.1.c*

*Balais d’essuie-glace en caoutchouc - Pare-brise*

*Balais d’essuie-glace en caoutchouc – revêtement en graphite sur le caoutchouc - Pare-brise*

## Références



- [1] VV.AA.: *Un fil dans le labyrinthe* (en russe). Petrozavodsk: Karelia, 1988. ISBN 5-7545-0020-3.

## STANDARD 1-2-2 : ÉLIMINATION D'UNE INTERACTION NÉFASTE EN MODIFIANT UNE SUBSTANCE EXISTANTE

### Définition

L'élimination d'une interaction néfaste consiste à modifier un système Su-Field afin d'éviter qu'un Outil négatif exerce un effet non désiré sur l'Objet de l'interaction.



### Théorie

Si des effets utiles et néfastes apparaissent entre deux substances dans un modèle Su-Field et qu'il n'est pas nécessaire de maintenir un contact direct entre les substances, le problème est résolu par l'introduction entre elles d'une troisième substance qui est une modification de la première ou de la deuxième substance.

### Modèle

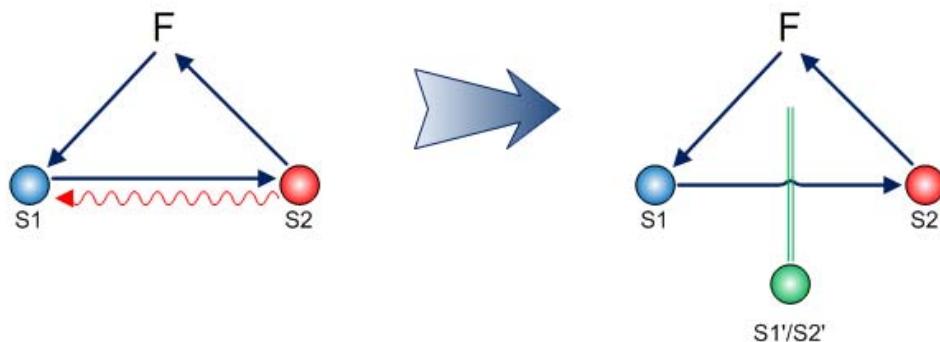


Figure 2.2.1.2.2.a – STANDARD 1-2-2 : Élimination d'une interaction néfaste en modifiant une substance existante.



### Méthode

Ce standard est appliqué lorsque deux substances échangent à la fois des interactions positives et des interactions négatives (c'est-à-dire que des fonctions utiles et néfastes sont produites) et qu'il est permis d'introduire des additifs entre ces éléments (Figure 2.2.1.2.2.a).

Les étapes suivantes peuvent être réalisées :

1. créer un modèle Su-Field de la fonction néfaste ; identifier la modification de paramètre à éliminer ;
2. vérifier s'il est possible d'introduire des additifs entre l'outil et l'objet, c'est-à-dire s'il n'est pas obligatoire de maintenir les deux substances en contact l'une avec l'autre ;
3. chercher des modifications permises des substances qui interagissent  $S_1$  et  $S_2$  et qui peuvent être utilisées comme une troisième substance qui s'interpose pour interrompre l'interaction néfaste ;
4. vérifier s'il y a des limites à l'introduction d'une substance aussi spécifique dans le système technique.

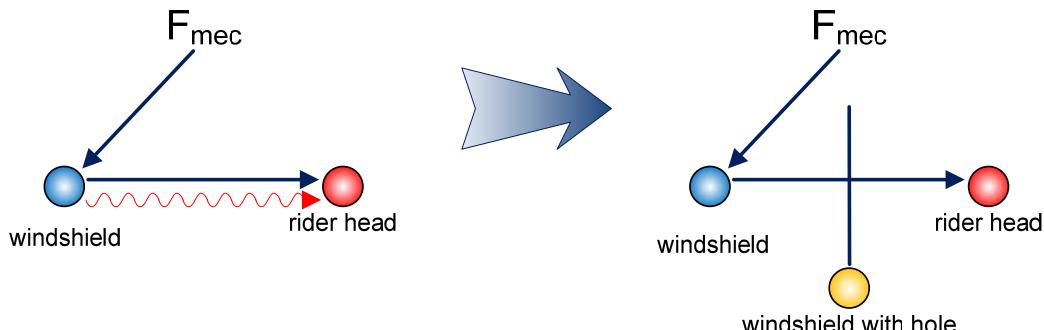
Note : la troisième étape peut être réalisée avec un tableau de ressources substance.



### Exemple

Lorsque l'on fait de la moto, on ressent la pression d'air causée par la vitesse. Parfois, il est donc utile de placer un petit pare-brise pour diriger l'air au-dessus du casque du pilote. Cependant, cela crée des turbulences gênantes. Pour modéliser cet état initial, nous avons le pare-brise ( $S_1$ ) qui protège la tête du pilote de la pression d'air ( $S_2$ ) par un champ mécanique,

mais qui crée également des turbulences. D'après le Standard 1-2-2,  $S_1$  ou  $S_2$  doit être modifiée pour supprimer l'action néfaste du pare-brise. Une façon de résoudre ce problème est de créer un trou dans la partie inférieure du pare-brise de manière que l'air puisse suivre le profil du pare-brise des deux côtés, ce qui réduit la formation d'un tourbillon sur la partie supérieure du pare-brise.



*Figure 2.2.1.2.2.b – Exemple d'application du Standard 1-2-2 pour éliminer un effet secondaire néfaste généré par  $S_1$ .*

*Traduction Figure 2.2.1.2.2.b*

*Pare-brise – Tête du pilote*

*Pare-brise – Pare-brise avec trou - Tête du pilote*

## Auto-évaluation

### Exercice 1 :



Quand il fait froid dehors, nous portons généralement une veste ou un manteau de pluie, etc. En fait, notre corps est une bonne source de chaleur et la fonction de la veste est de nous isoler de l'air froid externe. Mais dans des situations particulières, la température interne augmente, par exemple en raison d'un effort physique, et nous fait transpirer. L'humidité reste emprisonnée dans la zone où la veste est la plus proche du corps. Est-il possible de résoudre ce problème en utilisant la Solution Standard 1-2-2 ?

## Réponse 1 :

Dans ce cas, nous avons une veste qui remplit deux fonctions : la première est l'action utile qui consiste à isoler le corps de l'air externe ; la deuxième est l'action néfaste qui empêche l'humidité de s'échapper. En termes de Su-Field, cela peut être représenté par le schéma de la Figure 2.2.1.2.2.c, gauche, où la veste est  $S_1$ , qui isole et rend le corps humide par un champ thermique. Vu qu'il est assez difficile de changer certaines propriétés du corps, nous ne pouvons travailler que sur  $S_1$ , et nous devons trouver comment la modifier pour résoudre ce problème d'évacuation de l'humidité (Figure 2.2.1.2.2.c, droite). Puisque l'air chaud monte, une membrane spéciale placée dans l'épaule de la veste pourrait résoudre notre problème (Figure 2.2.1.2.2.d).

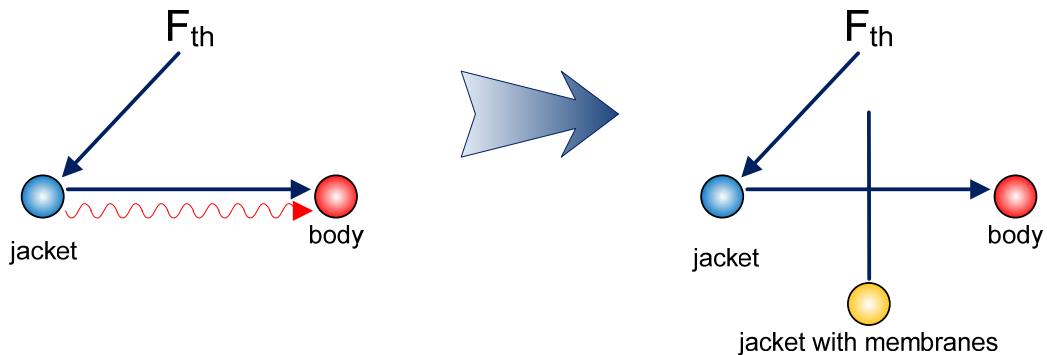


Figure 2.2.1.2.2.c – Exemple d'application du Standard 1-2-2 pour éliminer l'effet secondaire néfaste généré par  $S_1$ .

Traduction Figure 2.2.1.2.2.c

Veste - corps

Veste – Veste avec membranes – corps



Figure 2.2.1.2.2.d – La solution commerciale de l'exercice précédent.

## Références

- [1] VV.AA.: *Un fil dans le labyrinthe* (en russe). Petrozavodsk: Karelia, 1988. ISBN 5-7545-0020-3.



## STANDARD 1-2-3 : ÉLIMINATION DE L'EFFET NÉFASTE D'UN CHAMP

### Définition



L'élimination d'un champ néfaste consiste à modifier un système Su-Field de manière à éviter qu'un effet non désiré ait un impact sur une certaine substance.

### Théorie

S'il est nécessaire d'éliminer l'effet néfaste d'un champ sur une substance, le problème peut être résolu en introduisant une seconde substance qui attire vers elle l'effet néfaste du champ.

### Modèle

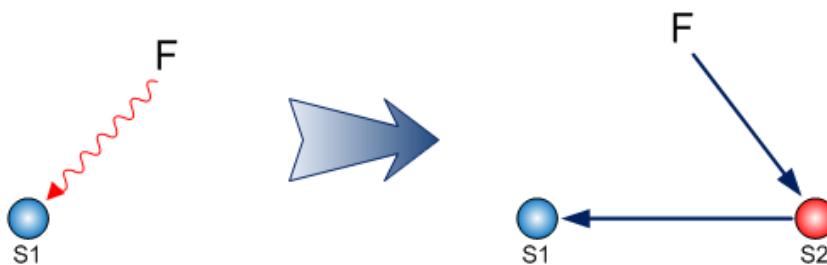


Figure 2.2.1.2.3.a – STANDARD 1-2-3 : Élimination de l'effet néfaste d'un champ.

### Méthode

Ce standard est appliqué lorsqu'une fonction néfaste est transmise à un certain objet et qu'il est permis d'introduire des additifs dans le système (Figure 2.2.1.2.3.a).

Les étapes suivantes peuvent être réalisées :

- \* créer un modèle Su-Field de la fonction néfaste ; identifier la modification de paramètre à éliminer ;
- \* vérifier s'il est possible d'introduire des additifs dans le système ;
- \* chercher une autre substance  $S_2$  capable d'attirer l'interaction néfaste existante et de préserver le système ;
- \* vérifier s'il y a des limites à l'introduction d'une substance aussi spécifique dans le système technique.

Note : la troisième étape peut être réalisée avec un tableau de ressources substance.

### Exemple



La carrosserie de notre voiture est faite de tôle et elle peut donc être attaquée par la rouille. Si nous créons un modèle Su-Field, nous avons un champ chimique ( $F_{ch}$ ) responsable d'une action néfaste sur la carrosserie de la voiture ( $S_1$ ) (voir Figure 2.2.1.2.3.b, gauche). C'est l'effet que nous devons éliminer. D'après la Solution Standard 1-2-3, nous devons ajouter une autre substance pour supprimer l'effet néfaste du champ. Évidemment, la substance désirée est la peinture qui recouvre la carrosserie et qui protège la voiture contre les attaques de l'humidité (Figure 2.2.1.2.3.b, droite).

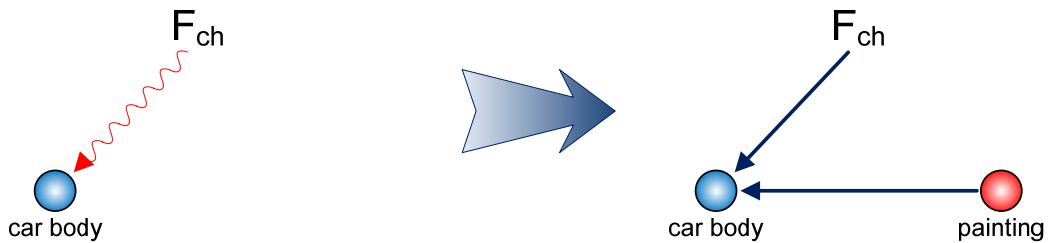


Figure 2.2.1.2.3.b – Exemple d’application du Standard 1-2-3 pour supprimer l’effet néfaste du champ « attaque chimique ».

Traduction Figure 2.2.1.2.3.b      Carrosserie      Carrosserie - peinture



## Auto-évaluation

### Exercice 1 :

Lorsqu’il fait beau, la lumière du soleil est parfois trop forte pour nos yeux. Essayez de créer un modèle de cette situation et de trouver une solution en utilisant le Standard 1-2-3.



### Réponse 1 :

Nous avons les éléments nécessaires à la création d’un modèle Su-Field dans la description du problème. Il y a la lumière du soleil, que nous pouvons considérer comme un champ électromagnétique ; elle a un effet néfaste sur nos yeux, qui représentent la substance ( $S_1$ ) (Figure 2.2.1.2.3.c, gauche). Une seconde substance est requise pour supprimer l’effet du champ. La solution est d’utiliser des lunettes de soleil, qui nous permettent de voir, tout en réduisant la luminosité (Figure 2.2.1.2.3.c, droite).

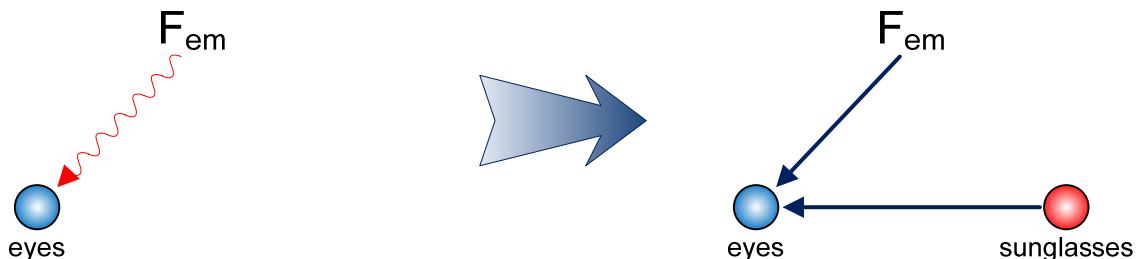


Figure 2.2.1.2.3.c – Exemple d’application du Standard 1-2-3 pour supprimer l’effet néfaste du champ électromagnétique « éblouir ».

Traduction Figure 2.2.1.2.3.c - Yeux / Yeux – Lunettes de soleil



## Références

- [1] VV.AA.: *Un fil dans le labyrinthe* (en russe). Petrozavodsk: Karelia, 1988. ISBN 5-7545-0020-3.

## STANDARD 1-2-4 : ÉLIMINATION D'UN EFFET NÉFASTE PAR UN NOUVEAU CHAMP

### Définition



L'élimination d'un champ néfaste consiste à modifier un système Su-Field de manière à éviter qu'un effet non désiré ait un impact sur une certaine substance.

### Théorie

Si des effets utiles et néfastes apparaissent entre deux substances dans un Système Su-Field, et que le contact direct entre les substances doit être maintenu, le problème peut être résolu par la transition vers un Système Su-Field dual dans lequel l'effet utile est fourni par le champ existant, alors qu'un nouveau champ neutralise l'effet néfaste (ou transforme l'effet néfaste en effet utile).

### Modèle

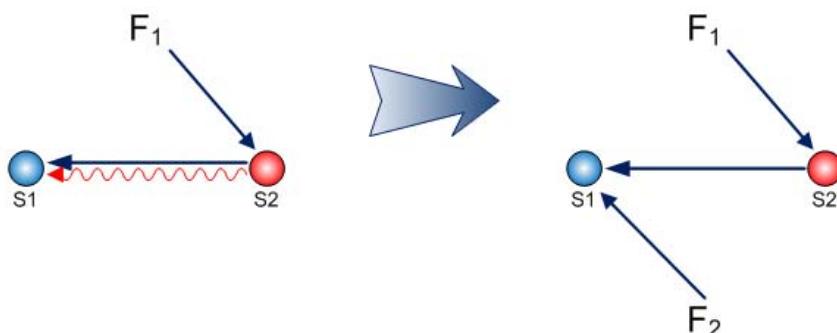


Figure 2.2.1.2.4.a – STANDARD 1-2-4 : Élimination d'un effet néfaste par un nouveau champ.

### Méthode

Ce standard est appliqué lorsqu'une fonction néfaste est transmise à un certain objet et qu'il est permis d'introduire des additifs dans le système (Figure 2.2.1.2.4.a).

Les étapes suivantes peuvent être réalisées :

- \* créer un modèle Su-Field de la fonction néfaste ; identifier la modification de paramètre à éliminer ;
- \* vérifier s'il est possible d'introduire un nouveau champ dans le système ;
- \* chercher un autre champ  $F_2$  capable de neutraliser l'effet néfaste existant et de préserver le système ;
- \* vérifier s'il y a des limites à l'introduction d'un champ aussi spécifique dans le système technique.

Note : la troisième étape peut être réalisée avec un tableau de ressources substance.

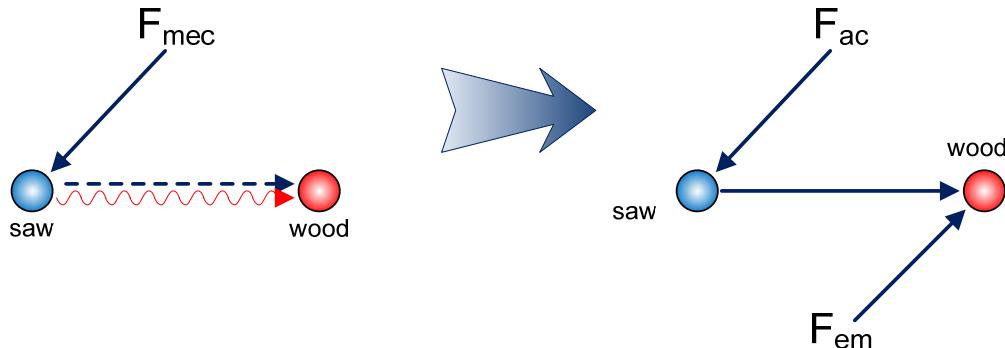
### Exemple



Matt travaille dans une menuiserie. Il doit très souvent faire des coupes droites à l'aide d'une scie sauteuse pendulaire. Il dessine donc tout d'abord une ligne droite de référence avec un crayon sur la partie de bois à couper. Mais quand il commence à couper, de la sciure recouvre le trait près de la scie et Matt doit souffler pour l'enlever. Est-il possible d'aider Matt en appliquant le Standard 1-2-4 ?

Construisons d'abord le modèle Su-Field : d'après la description, il y a la scie ( $S_1$ ) qui, par un champ mécanique ( $F_{\text{mech}}$ ), réalise l'action utile consistant à couper la pièce de bois ( $S_2$ ) (voir Figure 2.2.1.2.4.b, gauche). Mais la scie effectue également une action néfaste : la sciure

couvre le trait de référence sur le bois. Le paramètre endommagé par l'effet néfaste est le fait de voir le trait. Donc, d'après le Standard 1-2-4, nous devons trouver un deuxième champ pour enlever la sciure sur le trait ou surmonter sa présence. Un champ électromagnétique pourrait être une bonne solution : pour résoudre le problème, un projecteur laser pourrait projeter une ligne droite (Figure 2.2.1.2.4.b, droite).



*Figure 2.2.1.2.4.b – Exemple d'application du Standard 1-2-4 : un second modèle Su-field a été créé pour surmonter l'effet négatif généré par le premier champ.*  
*Traduction Figure 2.2.1.2.4 b Scie – bois*

## Auto-évaluation

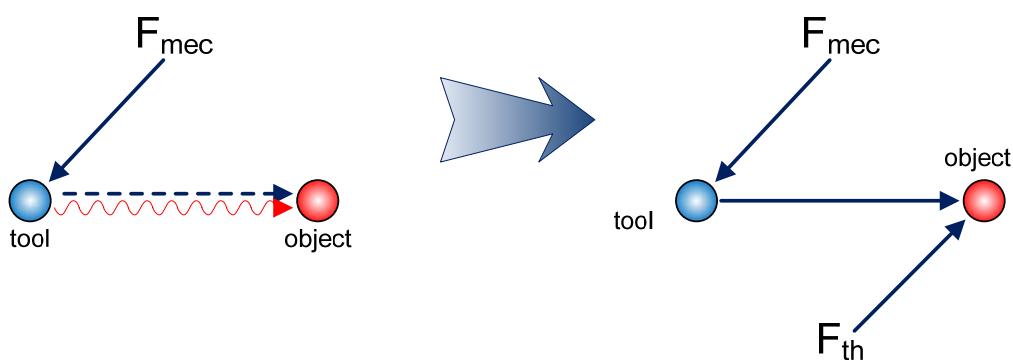
### Exercice 1 :

Dans un atelier de mécanique, il y a beaucoup de machines-outils. L'une d'entre elles fonctionne avec un nombre de RPM très élevé, mais la friction entre l'outil et l'objet de travail peut causer un échauffement et donc la possible déformation de l'objet. Cela rend le travail moins précis. Essayez de résoudre ce problème avec la Solution Standard 1-2-4.



### Réponse 1 :

Commençons par créer le modèle de la situation initiale du problème. Nous avons l'outil de la machine ( $S_1$ ) qui usine l'objet ( $S_2$ ) par un champ mécanique, remplissant ainsi une fonction utile et suffisante. Mais d'après la description, la friction entre  $S_1$  et  $S_2$ , qui est utile pour la fonction d'usinage, provoque un échauffement de l'objet ; évidemment, c'est une action néfaste, car elle peut déformer l'objet et entraîner une perte de précision (Figure 2.2.1.2.4.c, gauche). Le Standard 1-2-4 propose d'introduire un nouveau champ (Figure 2.2.1.2.4, droite) dont l'objectif est de neutraliser l'effet néfaste du champ tout en préservant la fonction utile du système. Ce champ peut, par exemple, être un champ thermique refroidissant l'outil uniquement ou l'outil et l'objet pour éviter ainsi toute déformation de l'objet et donc toute perte de précision.



*Figure 2.2.1.2.4.c – La situation initiale et la situation résolue d'un système de machine-outil.*  
*Traduction Figure 2.2.1.2.4.c      Outil – Objet*



## Références

- [1] VV.AA.: *Un fil dans le labyrinthe* (en russe). Petrozavodsk: Karelia, 1988. ISBN 5-7545-0020-3.

## STANDARD 2-1-1 : SYNTHÈSE D'UN SYSTÈME SU-FIELD EN CHAÎNE

### Définition

Un Système Substance-Champ en Chaîne est un système complexe dans lequel au moins une substance génère et subit deux champs différents.



### Théorie

L'efficacité du modèle Su-Field peut être améliorée en transformant une des parties de l'interaction Su-Field en un Su-Field contrôlable indépendamment, formant ainsi un système Su-Field en chaîne.

### Modèle

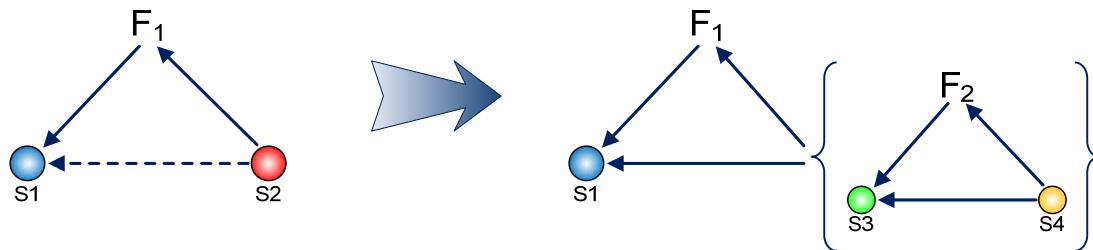


Figure 2.2.2.1.1.a – STANDARD 2-1-1 : Synthèse d'un Système Substance-Champ en Chaîne.



### Méthode

Ce standard est appliqué lorsqu'une fonction utile n'est pas suffisante, c'est-à-dire lorsque la modification appliquée à l'objet ne répond pas aux attentes, et qu'il n'est pas permis d'introduire des additifs dans le système.

Les étapes suivantes peuvent être réalisées :

créer un modèle Su-Field de la fonction insuffisante ; identifier la modification de paramètre à éliminer ;

vérifier s'il est possible de remplacer l'élément de travail ou l'outil par un sous-système Su-Field contrôlable indépendamment ;

chercher des ressources pouvant potentiellement améliorer l'efficacité du champ existant ;

vérifier s'il y a des limites à l'introduction de substances aussi spécifiques dans le système technique.

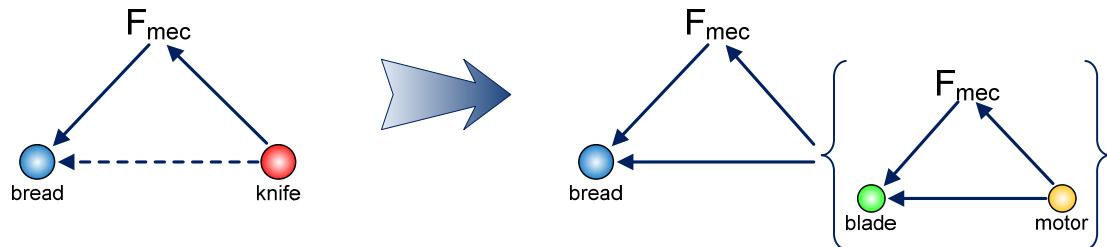
Note : la troisième étape peut être réalisée avec un tableau de ressources substance.



### Exemple

Nina doit préparer plein de sandwiches pour une fête. Lorsqu'elle coupe une tranche de pain de la baguette entière, elle se rend compte que le couteau pourrait être amélioré car elle doit faire un mouvement à la fois horizontal et vertical avec son bras pour couper le pain, et souvent la coupe n'est pas parfaite. Le modèle Su-Field de cette situation initiale comprend : la baguette ( $S_1$ ), le couteau ( $S_2$ ) et le champ mécanique qui interagit (Figure 2.2.2.1.1.b, gauche). Cette fonction est remplie par le couteau qui, grâce à un champ mécanique, tranche ou coupe le pain ; cette fonction est utile mais insuffisante. D'après la Solution Standard 2-1-1, pour améliorer le modèle initial, nous devons transformer l'outil, c'est-à-dire le couteau, dans un modèle Su-Field séparé. Nous devons donc ajouter une autre substance ( $S_3$ ) et un autre champ lié à la lame (Figure 2.2.2.1.1.b, droite). Nous pouvons ajouter un moteur ( $S_3$ ) qui fournir à la lame un champ mécanique pour le mouvement alternant, ne laissant à Nina que la tâche

consistant à guider le nouveau couteau (Figure 2.2.2.1.1.c).



*Figure 2.2.2.1.1.b – Le modèle Su-Field du problème.  
Traduction Figure 2.2.2.1.1.b Pain – Couteau Pain – Lame – moteur*



*Figure 2.2.2.1.1.c – Couteau électrique.*

## Auto-évaluation

### Exercice 1 :



Nina est au centre commercial. Alors qu'elle est en train de rentrer, il se met à pleuvoir. Elle sort donc son parapluie de son sac, mais lorsqu'elle veut l'ouvrir elle a un problème parce qu'elle tient des sachets dans une main et qu'ouvrir un parapluie avec une main n'est pas facile. Essayez de résoudre ce problème en faisant évoluer le parapluie selon le Standard 2-1-1.

### Réponse 1 :

 La première étape pour comprendre le problème consiste à créer un modèle Su-Field. La situation initiale peut être représentée par un mini-modèle comprenant : le parapluie ( $S_1$ ) et une main générique ( $S_2$ ) qui, grâce à un champ mécanique, a quelques difficultés à ouvrir  $S_1$ . La fonction « ouvrir » est naturellement utile mais insuffisante (Figure 2.2.2.1.1.d, gauche). Pour suivre la proposition du Standard 2.1.1, nous devons transformer une des deux substances en un modèle Su-Field nouveau et séparé. Il est difficile de modifier la main et plus facile de travailler sur le parapluie. Nous devons donc ajouter une autre substance et un nouveau champ pour améliorer le système existant. La troisième substance peut être un ressort qui ouvre le parapluie et que l'on peut déclencher avec une seule main ; il s'agit d'un nouveau champ mécanique (Figure 2.2.2.1.1.d, droite).

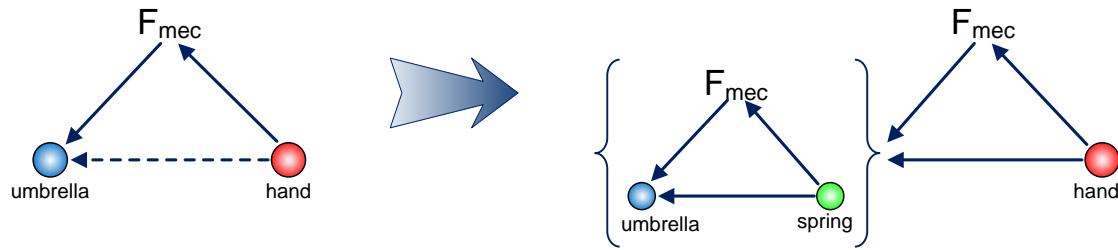


Figure 2.2.2.1.1.d – Solution Standard 2-1-1 appliquée à un parapluie.

Traduction Figure 2.2.2.1.1.d

Parapluie – main

Parapluie – ressort – main

## Références

- [1] VV.AA.: *Un fil dans le labyrinthe* (en russe). Petrozavodsk: Karelia, 1988. ISBN 5-7545-0020-3.



## STANDARD 2-1-2 : SYNTHÈSE D'UN SYSTÈME SU-FIELD DUAL

### Définition



Un système Su-Field Dual est un système complexe dans lequel les substances interagissent à travers deux champs parallèles.

### Théorie

S'il est nécessaire d'améliorer l'efficacité du Système Su-Field et que le remplacement d'un élément du Système Su-Field n'est pas permis, le problème peut être résolu par la synthèse d'un Système Su-Field Dual par l'introduction d'un second champ facile à contrôler.

### Modèle

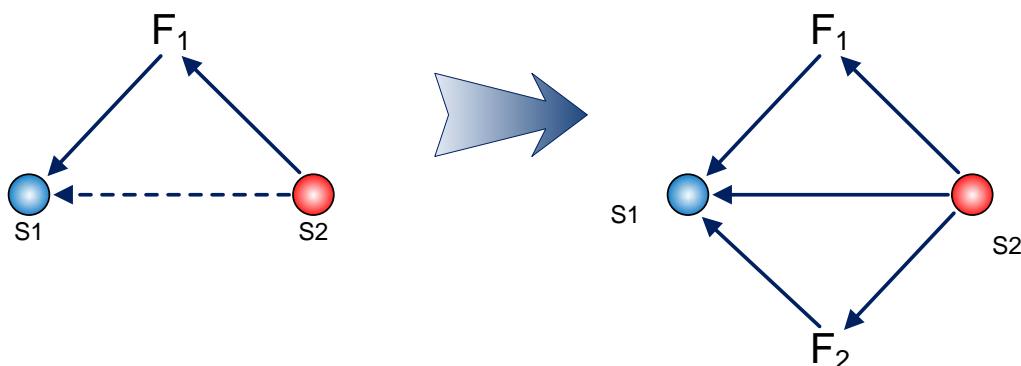


Figure 2.2.2.1.2.a – STANDARD 2-1-2 : Synthèse d'un Système Su-Field Dual.

### Méthode

Ce standard est appliqué lorsqu'une fonction utile n'est pas suffisante, c'est-à-dire lorsque la modification appliquée à l'objet ne répond pas aux attentes, et qu'il n'est pas permis d'introduire des additifs dans le système.

Les étapes suivantes peuvent être réalisées :

- \* créer un modèle Su-Field de la fonction utile insuffisante ; identifier la modification de paramètre à éliminer ;
- \* vérifier s'il est possible d'ajouter un nouveau champ dans le système ;
- \* chercher des nouveaux champs à établir entre les substances originales et pouvant potentiellement améliorer l'efficacité de l'interaction existante ;
- \* vérifier s'il y a des limites à l'introduction d'un champ aussi spécifique dans le système technique.

Note : la troisième étape peut être réalisée avec un tableau de ressources substance.

### Exemple



Nina est partie en vacances avec son petit ami Matt. Lorsqu'ils sont arrivés à l'hôtel, ils y ont trouvé une jolie chambre avec tout le confort : minibar, climatisation, tv par satellite et un presse-pantalon (voir Figure 2.2.2.1.2.c, gauche). Avant d'aller dormir, Matt a voulu utiliser la presse pour que ses pantalons soient parfaits le lendemain. Le lendemain matin, alors qu'il ressort les pantalons de la presse, il se rend compte qu'ils sont plus lisses que la veille, mais pas aussi lisses qu'il l'aurait souhaité. Il pense alors : « Pourquoi ne pas améliorer ce système confortable mais insatisfaisant ? ».

La première étape est de créer un modèle : dans ce cas, il y a le presse-pantalon ( $S_2$ ) qui, par un champ mécanique, lisser les pantalons de manière utile, mais pas suffisante ( $S_1$ ) (voir Figure 2.2.2.1.2.b, gauche). La Solution Standard 2-1-2 suggère d'introduire un nouveau champ dans

le modèle initial parallèlement au modèle existant afin que l'action insuffisante devienne suffisante (Figure 2.2.2.1.2.b, droite). Parmi la liste de tous les champs qu'il est possible d'ajouter, le champ thermique semble le plus utile. Ainsi, au lieu d'utiliser uniquement la pression, un champ mécanique, pour lisser les pantalons, un champ thermique peut être ajouté parallèlement pour améliorer l'action utile du presse-pantalon de l'hôtel (Figure 2.2.2.1.2.c, droite).

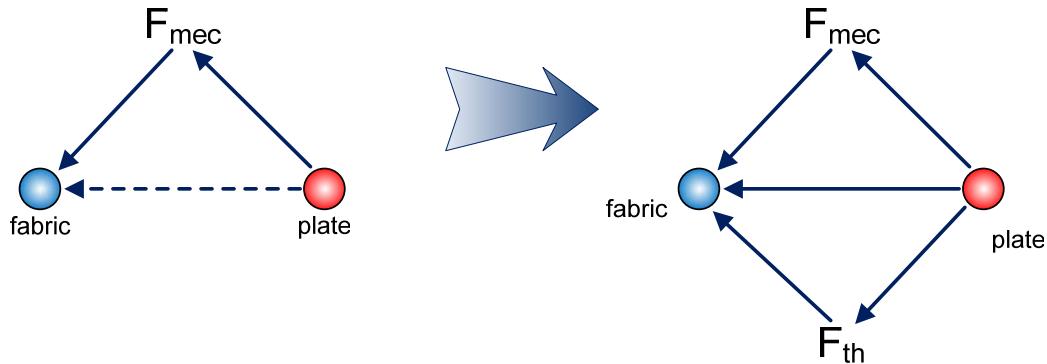


Figure 2.2.2.1.2.b – Le modèle du problème.

Traduction Figure 2.2.2.1.2.b

Tissu - plaque



Figure 2.2.2.1.2.c – À gauche, le premier modèle de presse-pantalons qui fonctionne avec un champ mécanique. À droite, la solution évoluée qui comprend un champ thermique couplé à un champ mécanique.

## Auto-évaluation

### Exercice 1 :

On utilise généralement un radiateur pour chauffer une pièce. Il chauffe l'air dans la pièce par un mouvement de convection : l'air chaud quitte le radiateur par sa partie supérieure, se répartit dans la pièce et refroidit, puis entre à nouveau dans le radiateur par sa partie inférieure. Le chauffage de la pièce est assuré par ce système, mais il faut beaucoup de temps. Comment pouvez-vous améliorer le radiateur en suivant les suggestions de la Solution Standard 2-1-2 ?



## Réponse 1 :

Commencez par créer le modèle Su-Field de la situation initiale. Nous pouvons considérer la pièce que nous voulons chauffer comme la première substance ( $S_1$ ), le radiateur comme la seconde substance ( $S_2$ ), qui est l'outil de l'action utile du système, et un champ thermique (Figure 2.2.2.1.2.d, gauche). Nous devons améliorer ce modèle en ajoutant un nouveau champ qui fonctionne parallèlement au champ existant (Figure 2.2.2.1.2.d, droite). Le temps qu'il faut pour chauffer la pièce doit être réduit : puisque l'air chaud n'est réparti que par convection, nous devons trouver une façon d'accélérer son déplacement. Un champ mécanique produit par un ventilateur peut être une bonne solution (Figure 2.2.2.1.2.e).

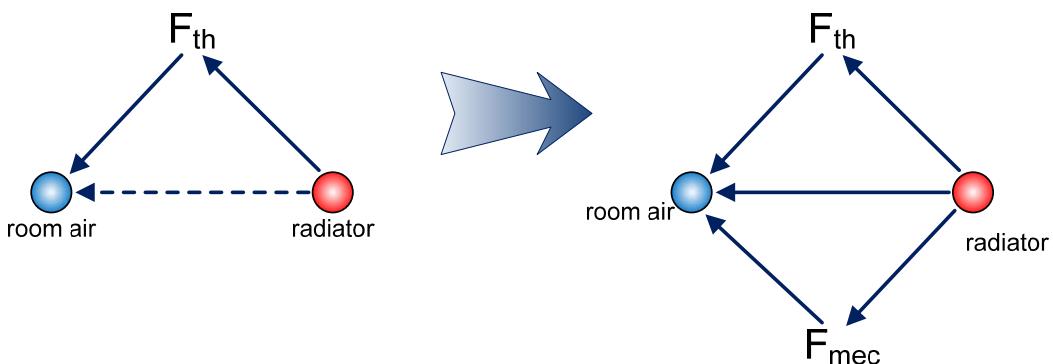


Figure 2.2.2.1.2.d – La situation initiale et la solution finale modélisée avec un Su-Field.

Traduction Figure 2.2.2.1.2.d  
Air de la pièce – radiateur



Figure 2.2.2.1.2.e – À gauche, un radiateur ; à droite, un convecteur dans lequel il y a un ventilateur pour répartir rapidement l'air chaud.

## Références

- [1] VV.AA.: *Un fil dans le labyrinthe* (en russe). Petrozavodsk: Karelia, 1988. ISBN 5-7545-0020-3.



## STANDARD 2-2-2 : AUGMENTER LE DEGRÉ DE FRAGMENTATION DES COMPOSANTS DE LA SUBSTANCE

### Théorie

L'efficacité d'un Système Su-Field peut être améliorée en augmentant le degré de fragmentation de l'objet qui fonctionne comme un « outil » dans le Système Su-Field, qui sera remplacé, à la fin de son évolution, par un nouveau champ pouvant remplir la fonction de l'outil.

### Modèle

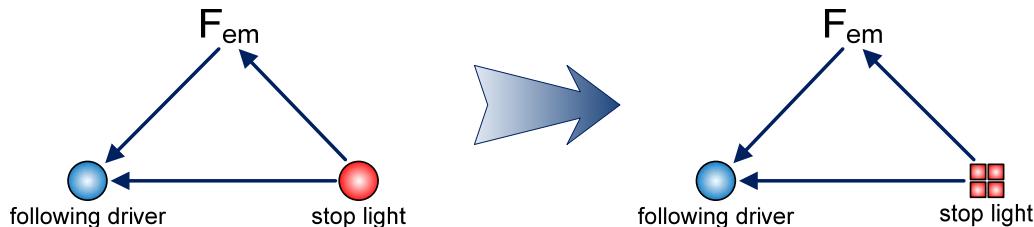


Figure 2.2.2.2.a – STANDARD 2-2-2 : Augmenter le degré de fragmentation des composants de la substance.  
Traduction Figure 2.2.2.2.a      Conducteur derrière nous – feu stop

### Exemple

Lorsque nous conduisons une voiture et appuyons sur la pédale de frein, les feux stop placés sur l'arrière de la voiture s'allument pour indiquer au conducteur derrière nous que nous freinons. Généralement, il y a deux feux stop, un sur le côté gauche et un sur le côté droit de la voiture, et un feu stop central. Pour améliorer ce système en utilisant les suggestions du Standard 2-2-2, commençons par construire un mini-modèle représentant la situation initiale. La fonction des feux stop est d'informer le conducteur derrière nous que nous freinons : ainsi  $S_1$  est représenté par le conducteur, l'objet de la fonction,  $S_2$  est représenté par les feux stop, l'outil, et le champ de l'interaction est électromagnétique (Figure 2.2.2.2.b, gauche). Le Standard 2-2-2 suggère d'augmenter le degré de fragmentation de la substance qui agit comme un outil dans le modèle. Nous devons donc fragmenter les feux stop. Cela signifie qu'au lieu de placer une ampoule unique sur chaque côté, le feu stop pourrait être composé d'une série de petites ampoules, comme des LED, qui permettent de donner diverses formes au feu stop (Figure 2.2.2.2.b, droite).

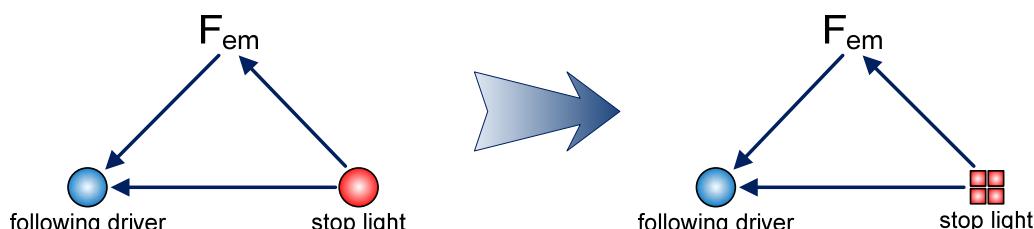


Figure 2.2.2.2.2.b – Le modèle représentatif du système et son amélioration.  
Traduction Figure 2.2.2.2.b      Conducteur derrière nous – feu stop

### Auto-évaluation

#### Exercice 1 :

Le père de Nina adore le bricolage et il a de nombreux outils dans son garage : clés Allen, tournevis, perceuses, marteaux, vis, clous, scies, etc. Beaucoup d'entre eux sont suspendus au mur afin de faciliter leur sélection. Lorsqu'il travaille dans le garage ou à proximité du garage, il n'a aucun problème. Mais lorsqu'il doit réparer quelque chose dans la maison, il doit emporter tous les outils nécessaires ou faire des allers-retours. En prenant pour exemple les tournevis, comment pouvez-vous les améliorer selon le Standard 2-2-2 ?



## Réponse 1 :

 La création du mini modèle est très simple : nous devons considérer les tournevis. Ils interagissent évidemment avec les vis ; le modèle comprend donc : la première substance « la vis », la seconde substance « le tournevis » et le champ d'interaction, qui est un champ mécanique dans ce cas (Figure 2.2.2.2.2.c, gauche). La suggestion donnée est : nous devons augmenter la fragmentation de l'outil, donc du tournevis (Figure 2.2.2.2.2.c, droite). Que veut dire augmenter la fragmentation d'un tournevis ? Une solution possible est de séparer le manche de la tête, et de rendre les outils interchangeables.

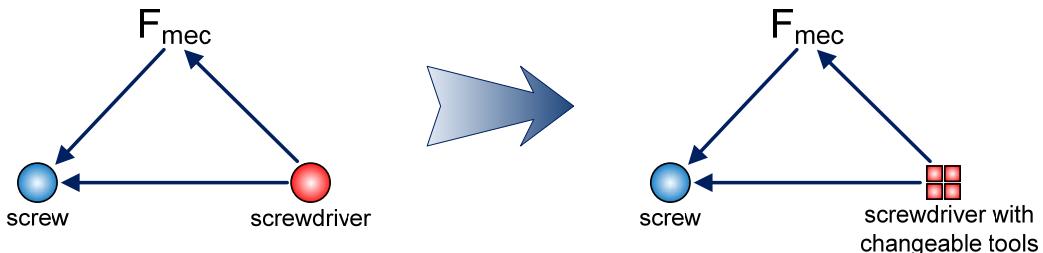


Figure 2.2.2.2.2.c – Le modèle Su-Field pour un tournevis.  
Traduction Figure 2.2.2.2.c Vis – tournevis / Vis – tournevis avec outils interchangeables



Figure 2.2.2.2.2.d – À gauche un set de tournevis avec différentes têtes ; à droite, un seul tournevis avec un set de têtes interchangeables.



**Références [1]** VV.AA.: *Un fil dans le labyrinthe* (en russe). Petrozavodsk: Karelia, 1988. ISBN 5-7545-0020-3.

## STANDARD 2-2-3 : TRANSITION VERS DES OBJETS CAPILLAIRE POREUX

### Théorie

L'efficacité d'un modèle Su-Field peut être améliorée en remplaçant un objet solide dans le Modèle Su-Field par un objet capillaire poreux.

### Modèle

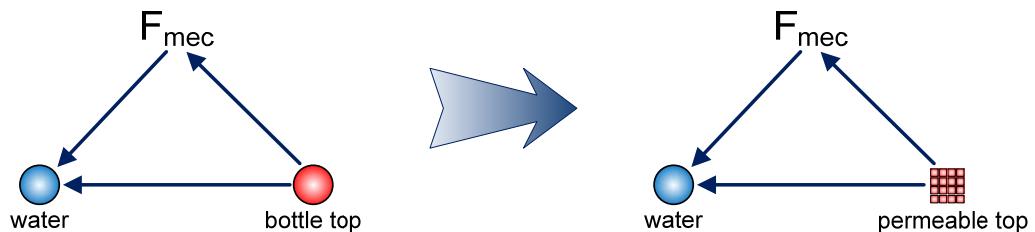


Figure 2.2.2.3.a – STANDARD 2-2-3 : Transition vers des objets capillaire poreux.  
Traduction Figure 2.2.2.3.a Eau – bouchon de la bouteille Eau – bouchon perméable

### Exemple

Lorsque Nina part en vélo, elle emporte toujours une bouteille d'eau. La bouteille doit être fermée pour empêcher l'eau de sortir de la bouteille. Mais lorsque Nina veut boire, elle doit s'arrêter pour ouvrir la bouteille. Si nous voulons améliorer le système « bouteille d'eau » en suivant le Standard 2-2-3, nous devons d'abord créer un modèle de la situation originale : la substance *outil* est le bouchon de la bouteille ( $S_2$ ), et l'objet est l'eau. Le champ d'interaction est mécanique (Figure 2.2.2.3.b, gauche) : nous pouvons dire que le bouchon stoppe l'eau et c'est donc une action mécanique. Le Standard 2-2-3 suggère de passer d'un objet solide à un objet poreux (Figure 2.2.2.3.b, droite). Cela signifie que le bouchon doit être poreux et donc qu'il doit être composé d'une membrane qui stoppe l'eau si la pression se situe en-dessous d'une certaine valeur, et qui la laisse passer si la pression dépasse un certain seuil. La pression peut être augmentée lorsque l'on presse la bouteille par exemple.

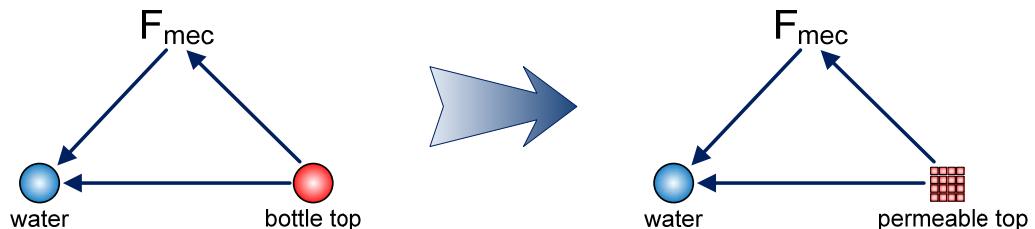


Figure 2.2.2.3.b – Améliorer un système en augmentant sa porosité.  
Traduction Figure 2.2.2.3.b Eau – bouchon de la bouteille Eau – bouchon perméable

### Auto-évaluation

#### Exercice 1 :

Nina est dans la cuisine et sa mère frit du poisson surgelé. Il y a un problème avec l'huile de friture. Lorsqu'elle met le poisson dans la poêle, l'huile commence à gicler et tout le plan de travail est plein d'éclaboussures. De plus, Nina et sa mère risquent d'être brûlées. La solution évidente est de couvrir la poêle. Mais s'il y a un couvercle, la fumée reste à l'intérieur et donne un mauvais goût au poisson. Est-il possible d'améliorer le système actuel avec un nouveau système, conformément à la Solution Standard 2-2-3 ?



## Réponse 1 :

Lapremière étape est de se concentrer sur le système à améliorer : nous avons un couvercle pour empêcher l'huile de gicler. Une substance est donc l'huile de friture ( $S_1$ ), l'autre est le couvercle ( $S_2$ ) ; ils interagissent par un champ mécanique (Figure 2.2.2.2.3.c, gauche). Le standard suggère de faire un objet solide perforé ou complètement poreux (Figure 2.2.2.2.3.c, droite). Nous devons maintenant transférer ce concept à notre outil, c'est-à-dire au couvercle. Une bonne solution pourrait être de faire un couvercle en mailles très épaisses qui retient les gouttelettes d'huile mais laisse passer la fumée (Figure 2.2.2.2.3.d).

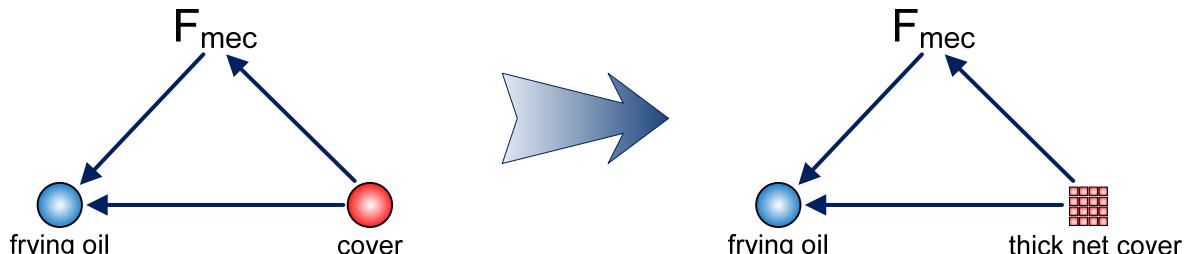


Figure 2.2.2.2.3.c – Le modèle Su-Field initial et final d'un couvercle de poêle à frire.

Traduction Figure 2.2.2.2.3.c      Huile de friture – couvercle      Huile de friture – couvercle en mailles épaisses



Figure 2.2.2.2.3.d – La première image représente un couvercle en verre classique ; à droite, le couvercle est fait d'un épais filet.

## Références

- [1] VV.AA.: *Un fil dans le labyrinthe* (en russe). Petrozavodsk: Karelia, 1988. ISBN 5-7545-0020-3.



## STANDARD 2-2-4 : AUGMENTER LE DEGRÉ DE LA DYNAMIQUE DU SYSTÈME

### Théorie

L'efficacité d'un Système Su-Field peut être améliorée en augmentant le degré de la dynamique (c'est-à-dire le degré de liberté) du Système Su-Field, en passant à une structure plus flexible et à l'évolution plus rapide du système.

### Modèle

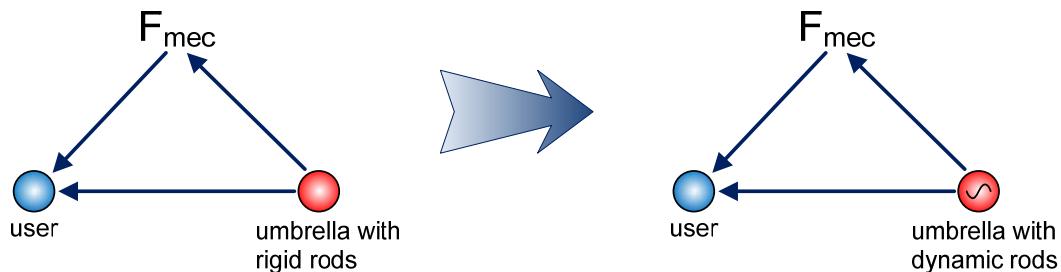


Figure 2.2.2.4.a – STANDARD 2-2-4 : Augmenter le degré de la dynamique d'un système.

Traduction Figure 2.2.2.4.a      Utilisateur – parapluie avec barres rigides

Utilisateur – parapluie avec barres dynamiques

### Exemple

Nina marche sous la pluie, protégée par un parapluie. Tandis qu'elle marche, elle observe la structure du parapluie. Il a un long manche relié à une série de barres rigides qui garantissent la tension de la toile imperméable. Lorsqu'un parapluie est ouvert, une grande surface est nécessaire pour protéger de la pluie, mais cela implique également un grand encombrement lorsque le parapluie est fermé. La fonction du parapluie est de protéger l'utilisateur de la pluie, et lorsque Nina commence à faire le Modèle Su-Field, elle doit considérer : l'utilisateur comme première substance, le parapluie comme seconde substance et le champ d'interaction, qui est évidemment mécanique. Elle veut améliorer ce modèle en appliquant le Standard 2-2-4 : l'outil du système doit augmenter sa dynamique. Comme nous l'avons déjà mentionné, le parapluie est fait de deux parties rigides, le manche et les barres, et d'une partie flexible – donc déjà dynamique – la toile. Elle doit donc faire en sorte que le manche ou les barres, ou les deux, deviennent plus dynamiques. Rendre un corps rigide dynamique signifie lui donner un plus grand degré de liberté. Donc, au lieu d'une barre rigide, Nina peut penser à une barre avec une ou deux articulations de plus de manière que le parapluie occupe moins d'espace lorsqu'il est fermé. Le même concept pourrait être appliqué au manche.

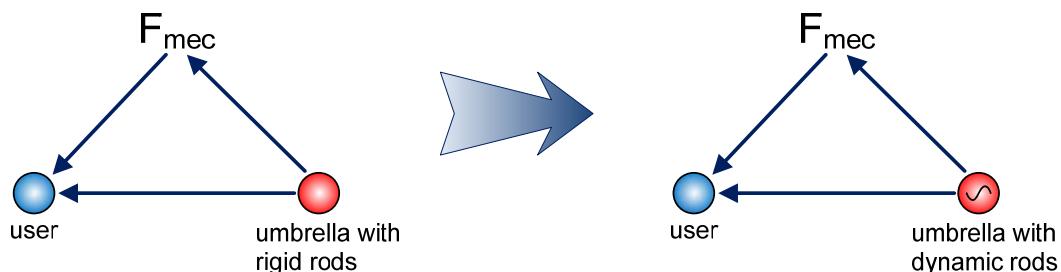


Figure 2.2.2.4.b – Augmenter la dynamique d'un parapluie rigide.

### Auto-évaluation

#### Exercice 1 :

Si nous observons les fenêtres des maisons, nous remarquons que certaines ont des volets pour empêcher le soleil de pénétrer dans les pièces. Essayez de trouver des solutions pour augmenter le degré de dynamique des volets en suivant le Standard 2-2-4.



## Réponse 1 :

Le point de départ est, comme toujours, la création du modèle Su-Field. La première substance est la lumière du soleil, la seconde est représentée par les volets en bois qui, grâce à un champ électromagnétique, bloquent la lumière (Figure 2.2.2.2.4 c, gauche, et Figure 2.2.2.2.4.d.1). Le standard suggère de rendre le volet plus dynamique et donc plus flexible. Nous ne pouvons évidemment pas travailler sur la lumière du soleil puisqu'elle représente déjà un niveau maximal de flexibilité et, en plus, c'est un champ ! Nous devons donc trouver une solution pour le volet. C'est un volet rigide en bois ; la première étape est donc de lui donner un degré de liberté supplémentaire. Cela signifie qu'il pourrait être ouvert (Figure 2.2.2.2.4.d.2) pour laisser passer un peu plus de lumière. Mais cela n'est pas suffisant. En fait, nous pouvons augmenter le degré de la dynamique en rendant toutes les persiennes du volet inclinables (Figure 2.2.2.2.4.d.3). L'étape suivante nous mène vers un store vénitien, sur lequel toutes les bandes peuvent être déplacées, rendant ainsi le degré d'ombre plus précis (Figure 2.2.2.2.4.d.4). Le degré de dynamique suivant est de faire un volet complètement flexible, ce degré étant représenté par un store à panneau enroulé, tel que représenté sur la Figure 2.2.2.2.4.d.5 ; le dernier niveau du processus d'augmentation de la dynamique est de faire un bond vers un champ : la capacité à foncer est transférée vers la vitre de la fenêtre. Il s'agit donc d'une fenêtre qui fonce automatiquement à l'aide d'un champ électrique (Figure 2.2.2.2.4.d.6).

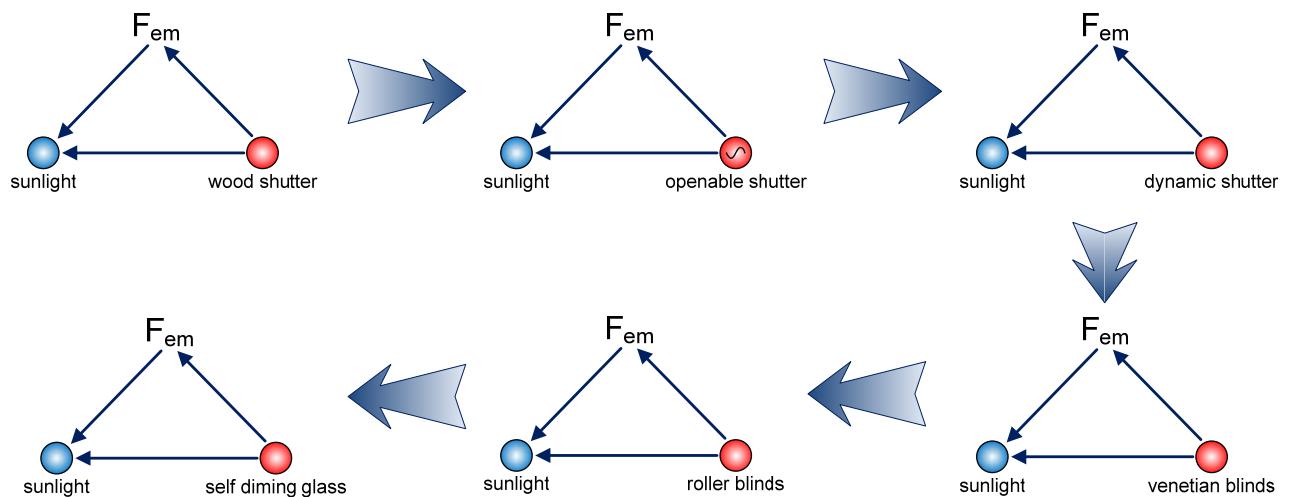


Figure 2.2.2.2.4.c – Comment améliorer un volet avec différents modèles Su-Field.

Traduction Figure 2.2.2.2.4.c

Lumière du soleil – volet en bois / Lumière du soleil – volet que l'on peut ouvrir / Lumière du soleil – volet dynamique / Lumière du soleil – store vénitien / Lumière du soleil – store panneau / Lumière du soleil – verre transition.



*Figure 2.2.2.4.d – Le processus d'augmentation du degré de la dynamique d'un volet :*  
 1) le classique volet en bois; 2) un volet que l'on peut ouvrir à moitié; 3) un volet dont toutes les persiennes sont dynamiques ; 4) un store vénitien; 5) un store panneau; 6) un verre qui fonce automatiquement.

## Références

- [1] VV.AA.: *Un fil dans le labyrinthe* (en russe). Petrozavodsk: Karelia, 1988. ISBN 5-7545-0020-3.



## STANDARD 3-1-1 : FORMATION DE BI- ET POLY-SYSTÈMES

### Théorie

L'efficacité du système, quel que soit le stade de son évolution, peut être améliorée en combinant le système avec un autre système (ou d'autres systèmes) pour former un bi-système ou un poly-système.

### Méthode

Pour la formation simple de bi- et poly-systèmes, deux ou davantage de composants sont combinés.

Les composants à combiner peuvent être des substances, des champs, des paires substance-champ et des Systèmes Su-Field complets.

### Exemple

Pensez aux camions : ils peuvent transporter de très lourdes charges, mais parfois ils sont si lourds que les essieux de la remorque peuvent avoir des problèmes pour supporter la charge. D'après le Standard 3-1-1, le système peut évoluer et passer à un poly-système ; ainsi, nous pouvons construire un camion avec beaucoup d'essieux et de petites roues pour répartir le poids (Figure 2.2.3.1.1.b).



Figure 2.2.3.1.1.b – Sur cette photo, une remorque avec des axes développés en poly-système.

### Auto-évaluation

#### Exercice 1 :



Sur le bureau de Nina, il y a tout ce dont elle a besoin pour son travail : l'ordinateur, le téléphone, le fax, l'imprimante, le scanner, etc. Mais parfois Nina a besoin de plus d'espace vide sur son bureau pour gérer ses dossiers. Comment pouvez-vous l'aider en suivant les suggestions du Standard 3-1-1 ?

## Réponse 1 :

Pour augmenter l'efficacité d'un système, ce dernier doit être combiné avec un ou plusieurs autres systèmes afin de créer un bi- ou un poly-système. Donc : au lieu d'avoir beaucoup d'outils différents sur son bureau, certains d'entre eux pourraient fusionner en un poly-système unique. Par exemple, l'imprimante, le scanner et le fax pourraient être remplacés par une imprimante multifonctions capable de remplir toutes les fonctions des appareils individuels (Figure 2.2.3.1.1.c).



Figure 2.2.3.1.1.c – Une imprimante multifonctions : c'est un poly-système composé d'une imprimante, d'un scanner et d'un fax.

## Références

- [1] VV.AA.: *Un fil dans le labyrinthe* (en russe). Petrozavodsk: Karelia, 1988. ISBN 5-7545-0020-3.



## STANDARD 3-1-2 : DÉVELOPPER DES LIENS DANS DES BI- ET POLY-SYSTÈMES

### Théorie

L'efficacité des bi- et poly-systèmes peut être améliorée en développant des liens entre les différents éléments du système.

### Méthode

Les liens entre les éléments d'un bi- ou d'un poly-système peuvent être rendus soit plus rigides, soit plus dynamiques.

### Exemple

S'agissant de la dernière génération de voitures, de nombreux gadgets électroniques étaient en option. Un bi-système classique se compose d'un autoradio et d'une connexion Bluetooth pour les appels sur le téléphone portable, et il se sert des mêmes haut-parleurs comme kit mains-libres. D'après la suggestion du Standard 3-1-2, pour faire évoluer ce système, il faut créer des liens entre les éléments du système. Une interaction pourrait être de réduire le volume de la musique en cas d'appel entrant.

### Auto-évaluation

#### Exercice 1 :

Si vous observez une moto, vous remarquez que certaines ont un système de béquille composée de deux béquilles : une béquille centrale et une béquille latérale. Essayez de faire évoluer ce système en suivant le Standard 3-1-2.

#### Réponse 1 :

Le Standard 3-1-2 suggère de développer un lien, une « interaction », entre les composants du bi-système, représenté par les deux béquilles de la moto. Une solution explicative pourrait être : lorsque la moto repose sur la béquille centrale, ouvrir la béquille latérale empêche la fermeture de la première (Figure 2.2.3.1.2.b).



Figure 2.2.3.1.2 – Sur la photo, on voit les deux béquilles : la première (béquille centrale) sur laquelle repose la moto, la deuxième qui évite que la première se ferme.

### Références

- [1] VV.AA.: *Un fil dans le labyrinthe* (en russe). Petrozavodsk: Karelia, 1988. ISBN 5-7545-0020-3.



## STANDARD 3-1-3 : AUGMENTER LA DIFFÉRENCE ENTRE LES COMPOSANTS D'UN SYSTÈME

### Théorie

- \* L'efficacité de bi- et de poly-systèmes peut être améliorée en augmentant la différence entre les composants du système. La ligne d'évolution suivante est recommandée :
  - \* composants similaires
  - \* composants avec des caractéristiques biaisées
  - \* composants différents
  - \* combinaisons du "composants + composant avec fonction opposée".

### Exemple

Tout le monde connaît les batteries rechargeables, par exemple celle du téléphone portable. Leur charge peut être restaurée avec un chargeur de batterie. Si nous essayons de faire évoluer le chargeur de batterie en suivant le Standard 3-1-3, nous devons créer un bi- ou un poly-système dont le composant doit être très différent, voire avoir la fonction opposée. Nous pourrions imaginer un chargeur de batterie comprenant un déchargeur de batterie (Figure 2.2.3.1.3.b).



Figure 2.2.3.1.3 – Un système comprenant son opposé : un chargeur / déchargeur de batterie.

### Auto-évaluation

#### Exercice 1 :

Lorsqu'au début les voitures étaient équipées d'un autoradio, les haut-parleurs avant étaient fournis : un à gauche et un à droite. Ce système est donc né sous la forme d'un bi-système. Ensuite, d'autres haut-parleurs ont été placés dans la voiture, par exemple, à l'arrière de la voiture. Essayez d'améliorer ce poly-système d'après le Standard 3-1-3.



#### Réponse 1 :

Les différentes étapes de l'autoradio sont : deux haut-parleurs (bi-système), quatre haut-parleurs (poly-système), six haut-parleurs, etc. Mais hormis le nombre de haut-parleurs, le système est le même. Le Standard 3-1-3 propose de rendre les éléments différents, ou s'ils sont déjà différents, d'augmenter leur différence. Nous pouvons donc créer un système audio dans lequel chaque haut-parleur ou chaque paire diffuse un autre son : par exemple, deux haut-parleurs pour les fréquences les plus hautes (tweeter), deux pour les fréquences basses (woofer) et deux pour les fréquences moyennes.



### Références

- [1] VV.AA.: *Un fil dans le labyrinthe* (en russe). Petrozavodsk: Karelia, 1988. ISBN 5-7545-0020-3.



## STANDARD 3-1-4 : INTÉGRATION DE PLUSIEURS COMPOSANTS DANS UN COMPOSANT UNIQUE

### Théorie

L'efficacité de bi- et de poly-systèmes peut être améliorée par « convolution » (intégration de plusieurs composants dans un composant unique) en réduisant les composants auxiliaires. Des bi- et poly-systèmes entièrement convolutés redeviennent des mono-systèmes et l'intégration peut être répétée à un autre niveau du système.



### Exemple

Nina est invitée à une fête avec son petit ami et elle veut être jolie. Elle s'en va donc acheter du maquillage : rouge à lèvres, poudre, mascara, eyeliner, etc. Alors qu'elle se trouve à hauteur des rouges à lèvres, elle aperçoit un bon outil : une sorte de stylo avec du rouge à lèvres d'un côté et un crayon à lèvres de l'autre (Figure 2.2.3.1.4.b, gauche). Elle décide de l'acheter. Elle reste très impressionnée par son achat mais, alors qu'elle arrive à la maison, elle a une idée pour améliorer ce bi-système : pourquoi ne pas l'améliorer en suivant les conseils du Standard 3-1-4 ? Une convolution du bi-système est possible : il s'agit de faire un rouge à lèvres avec le crayon à lèvres à l'intérieur (Figure 2.2.3.1.4.b, droite).



Figure 2.2.3.1.4.b –À gauche, le bi-système rouge à lèvres & crayon à lèvres : à droite, le bi-système convoluté.

### Auto-évaluation

#### Exercice 1 :



Il y a quelques années à peine, seuls les ordinateurs de bureau existaient et, comme aujourd'hui, ils étaient composés d'un moniteur, d'une unité centrale, d'un clavier et d'une souris. Puisque que les ordinateurs sont devenus indispensables et qu'ils doivent être utilisés au bureau, un poly-système a été créé : c'est de là que provient l'idée de l'ordinateur portable. Ce nouveau système comprend les éléments séparés de l'ancienne version. Essayez de faire évoluer ce système en suivant les conseils du Standard 3-1-4.

## Réponse 1 :

La Solution Standard 3-1-4 suggère que pour améliorer l'efficacité d'un bi- ou d'un poly-système existant, un processus de convolution est nécessaire. Cela signifie que nous devons trouver un nouveau système qui a toutes les fonctions du composant individuel du poly-système. Donc, nous avons besoin d'un « boîtier » capable d'être à la fois un moniteur, une souris, un clavier et une unité centrale. Une bonne solution pour cette tâche est la dernière génération de Tablet PC, avec laquelle toutes les actions peuvent être réalisées sur le moniteur tactile placé sur la partie supérieure d'un boîtier contenant toute la partie électronique du PC (Figure 2.2.3.1.4.c).



Figure 2.2.3.1.4.c – la dernière génération de Tablet PC PORTABLE : toutes les fonctions sont réalisées sur le moniteur tactile.

## Références

- [1] VV.AA.: *Un fil dans le labyrinthe* (en russe). Petrozavodsk: Karelia, 1988. ISBN 5-7545-0020-3.



## STANDARD 3-1-5 : RÉPARTIR DES PROPRIÉTÉS INCOMPATIBLES ENTRE LE SYSTÈME ET SES PARTIES

### Théorie

L'efficacité des bi- et poly-systèmes peut être améliorée en répartissant des propriétés incompatibles entre le système et ses parties. On utilise pour cela une structure à deux niveaux dans laquelle le système en tant qu'ensemble a une certaine propriété A, alors que ses parties (particules) ont les propriétés anti-A.



### Exemple

Nina est partie acheter quelque chose pour le dîner, et elle va également chez le boucher. Lorsqu'elle entre dans la boutique, elle voit le boucher en train de retirer les os d'une grande pièce de viande. Soudain, le boucher perd le contrôle du couteau et se blesse à la main. Nina lui demande alors comment cela se fait qu'il ne porte pas de gant de protection avec des plaques en fer. Il lui répond que c'est à cause des parties rigides : ça protège, mais ce n'est pas confortable pour travailler à cause des nombreuses restrictions de mouvement. Nina lui explique qu'un gant avec des plaques en fer est un bi-système et que pour augmenter son efficacité, on peut répartir ses propriétés incompatibles entre les parties du système : le système en tant qu'ensemble a une certaine propriété, mais les composants séparés peuvent avoir la caractéristique inverse. Il faut donc un gant spécial macroscopiquement flexible afin de faciliter le travail, mais microscopiquement rigide pour empêcher les blessures (Figure 2.2.3.1.5.b, gauche).

Cette solution a été adoptée il y a bien longtemps, à la place des armures rigides, par les soldats médiévaux pour se protéger contre les coups d'épée (Figure 2.2.3.1.5, droite).



Figure. 2.2.3.1.5.c – À gauche, un gant spécial pour les bouchers ; à droite, une tenue en cote de mailles.

### Auto-évaluation

#### Exercice 1 :



Dans l'ancienne télévision en noir et blanc, l'image était créée par un faisceau d'électrons haute-énergie correctement collimaté et focalisé excitant un revêtement phosphorescent sur un écran émettant de la lumière. Mais évidemment, cette image était en niveaux de gris et ne pouvait être colorée. D'après le Standard 3-1-5, comment est-il possible d'obtenir une image en couleur ?

## Réponse 1 :

La première étape pour utiliser le Standard 3-1-5 est d'avoir un bi- ou un poly-système. On sait que toutes les couleurs peuvent être obtenues en mélangeant les trois couleurs primaires rouge, vert et bleu et en modifiant les proportions de chacune d'entre elles. Nous pouvons donc fabriquer un écran avec trois couches superposées, chacune créant une image dans sa couleur, ou une couche avec une matrice de couleurs spéciales capable d'être excitée par trois faisceaux individuels d'électrons, un pour chaque couleur. Dans les deux cas, toute l'image apparaît en couleur, mais ses parties (les pixels) sont monochromes (regardez la TV de très près et vous verrez clairement les points rouges, verts et bleus).



## Références

- [1] VV.AA.: *Un fil dans le labyrinthe* (en russe). Petrozavodsk: Karelia, 1988. ISBN 5-7545-0020-3.



## STANDARD 3-2-1 : TRANSITION VERS UN MICRO-NIVEAU

### Théorie

L'efficacité d'un système, quel que soit son niveau d'évolution, peut être améliorée par la transition d'un macro-niveau vers un micro-niveau : le système – ou ses parties – est remplacé par une substance capable de remplir la fonction requise tout en interagissant avec un champ. Il convient de noter que les substances ont une multitude d'états de micro-niveaux (cristal, treillis, molécules, ions, domaines, atomes, particules fondamentales, champs, etc.). C'est pourquoi, diverses options de transition vers un micro-niveau et diverses options de transition d'un micro-niveau à l'autre – un niveau inférieur – doivent être considérées lors de la résolution d'un problème.

### Exemple



Prenons un dispositif électrique, par exemple, une voiture. Pour effectuer une certaine action, elle a besoin d'énergie fournie par une cellule électrique de stockage (une batterie). Lorsqu'elle est utilisée, la batterie se décharge évidemment, et elle doit être rechargée. Le Standard 3-2-1 suggère que pour améliorer un système, tous ou un seul de ses composants doivent être changés et remplacés par une nouvelle substance capable de remplir la fonction désirée en interagissant avec un champ. Dans notre cas, en observant le micro-niveau, nous devons trouver une substance à introduire dans notre voiture pour fournir l'énergie nécessaire au moteur. Einstein a découvert que certains matériaux, lorsqu'ils sont touchés par la lumière, produisent de l'énergie électrique. Nous pouvons donc équiper notre voiture de panneaux solaires pour alimenter le moteur.

### Auto-évaluation

#### Exercice 1 :



Nina nettoie sa chambre avec un simple aspirateur. Tandis qu'elle nettoie, elle pense à comment cet outil fonctionne. Puis, elle a une idée pour améliorer ce système en suivant la Solution Standard 3-2-1. Avez-vous une idée ?

#### Réponse 1 :



Le Standard que Nina a appliqué pour trouver une solution suggère une transition d'un macro-niveau à un micro-niveau, c'est-à-dire nous devons trouver une substance capable de remplir la fonction « retirer la poussière et d'autres particules de saleté plus petites et plus légère » lorsqu'elle est soumise à un champ. Certains tissus, comme la laine ou des tissus synthétiques, peuvent être chargés d'électricité statique lorsqu'on les frotte, et peuvent donc remplir la fonction souhaitée.



### Références

- [1] VV.AA.: *Un fil dans le labyrinthe* (en russe). Petrozavodsk: Karelia, 1988. ISBN 5-7545-0020-3.

## STANDARD 5-1-1-1 : INTRODUIRE DES SUBSTANCES DANS UN SYSTÈME AVEC DES CONDITIONS RESTREINTES

### Théorie

S'il est nécessaire d'introduire une substance dans le système et que cela n'est pas permis, un « vide » peut être utilisé à la place d'une substance.



### Méthode

Note : Un « vide » est généralement une substance gazeuse, comme de l'air ou un espace vide formé dans un objet solide. Dans certains cas, un « vide » peut être formé par d'autres substances comme des liquides (mousse) ou des corps détachés.



### Exemple

Dans toute maison, il y a des fenêtres. Elles ont pour fonction de donner la possibilité de renouveler l'air de la pièce et de laisser pénétrer la lumière de l'extérieur. Mais lorsqu'il y a une différence de température entre l'intérieur et l'extérieur, elles doivent également isoler la pièce. Mais parfois leur verre n'est pas suffisant pour cela. Une façon de résoudre ce problème est d'augmenter l'épaisseur du verre, ce qui a pour inconvénient de rendre les vitres plus chères et plus lourdes. Une autre possibilité est d'introduire une couche de matériau isolant, par exemple, une couche de bois ; mais les fenêtres ne seraient plus transparentes. La Solution Standard 5-1-1-1 suggère que lorsqu'il n'est pas permis d'introduire une nouvelle substance dans un système pour atteindre un objectif, un vide peut être la bonne solution. Dans notre problème, nous devons introduire une autre substance (verre ou bois ou quelque chose d'autre), mais cela n'est pas permis à cause des conséquences négatives. Nous devons donc trouver une solution pour résoudre ce problème en utilisant un vide, ou de l'air ou un espace vide, etc. Une bonne solution peut être d'utiliser deux minces couches de verre avec un vide d'air entre-elles : l'air est un bon isolant thermique et le verre reste transparent (Figure 2.2.5.1.1.b, gauche).



Figure 2.2.5.1.1.b – La section d'une fenêtre avec verre creux isolant.

## Auto-évaluation

### Exercice 1 :



Nina boit un café si chaud que même la tasse est brûlante. Elle commence à penser à si et comment il serait possible de résoudre ce problème afin d'éviter de se brûler les doigts. Savez-vous comment résoudre ce problème en utilisant la Solution Standard 5-1-1-1 ?

### Réponse 1 :

 Le Standard suggère d'introduire du vide si toute autre substance est interdite pour quelque raison que ce soit. La tasse de Nina est très chaude sur sa partie extérieure. La pensée standard est, par exemple, d'introduire une nouvelle substance qui isole mieux que le matériau de la tasse. Mais c'est plus cher et le processus de fabrication est compliqué. Nous pourrions donc suivre la suggestion standard et essayer d'introduire un vide. Nous savons que l'air est un bon isolant thermique, donc nous devons introduire l'air entre la surface intérieure qui est en contact avec le café chaud et la surface extérieure qui est en contact avec les doigts de l'utilisateur. Une solution simple est une tasse telle que représentée sur la Figure 2.2.5.1.1.c.

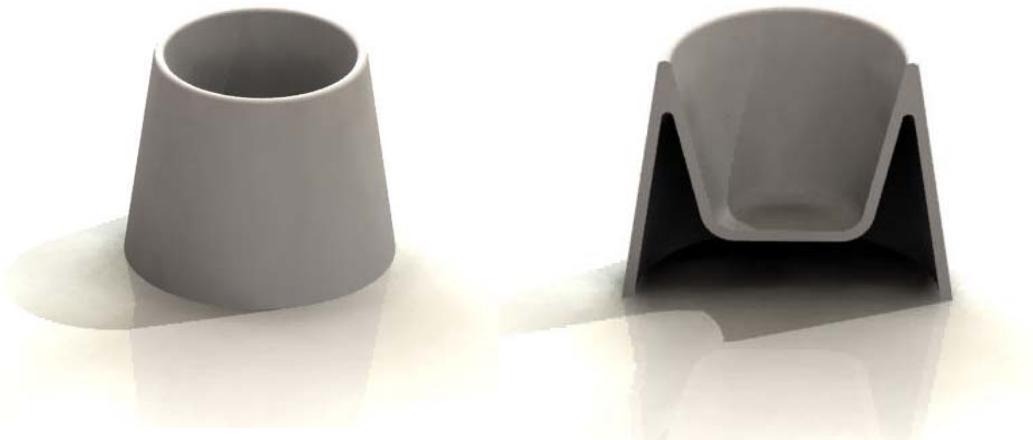


Figure 2.2.5.1.1.c – Une tasse de café qui ne brûle pas les doigts. À droite, sa coupe transversale.

## Références

- [1] VV.AA.: *Un fil dans le labyrinthe* (en russe). Petrozavodsk: Karelia, 1988. ISBN 5-7545-0020-3.





1.3 OTSM Triz

## 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 (décris 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'insulateur dans les puces semi-conductrices ait une constante diélectrique k basse afin de réduire les capacités parasites – et nous voulons que cet insulateur 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.

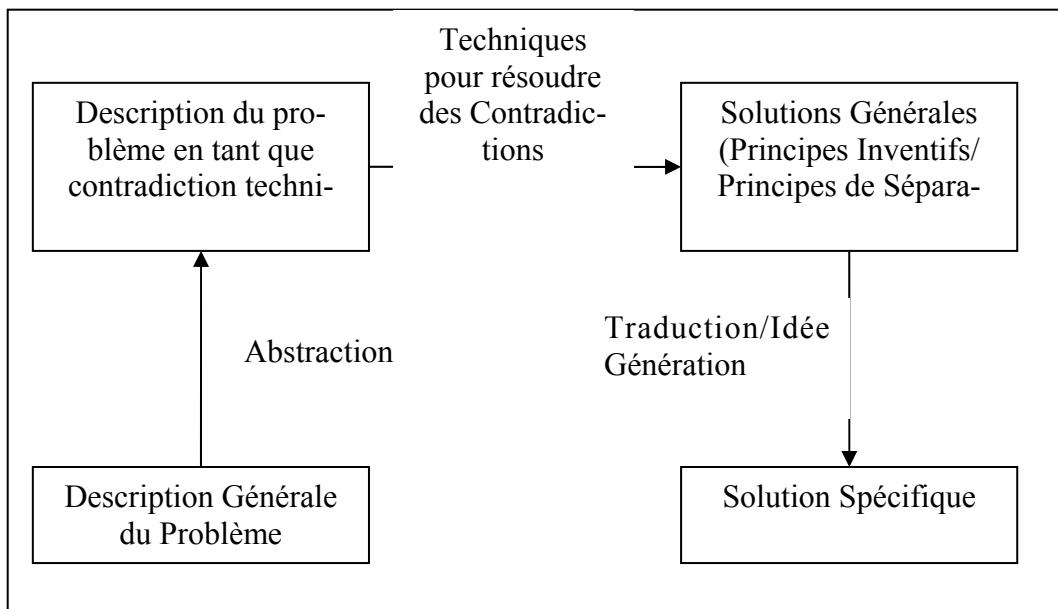
Les solutions d'ingénierie sont généralement découvertes en cherchant la réponse « au hasard » (résolution de problème par la méthode essais et erreurs) ou en utilisant les connaissances et les analogies personnelles. TRIZ propose un processus systématique basé sur le concept de l'abstraction grâce auquel 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

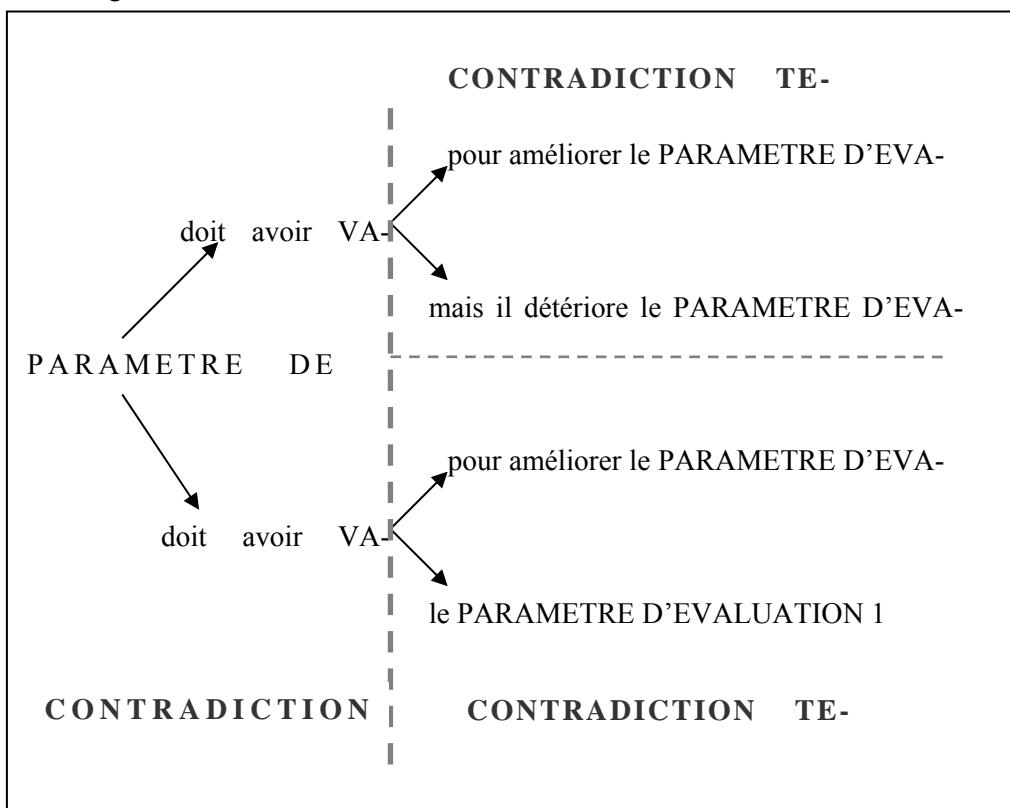
Voir Chapitres 2 & 3

### 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.



# tETRIS

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.

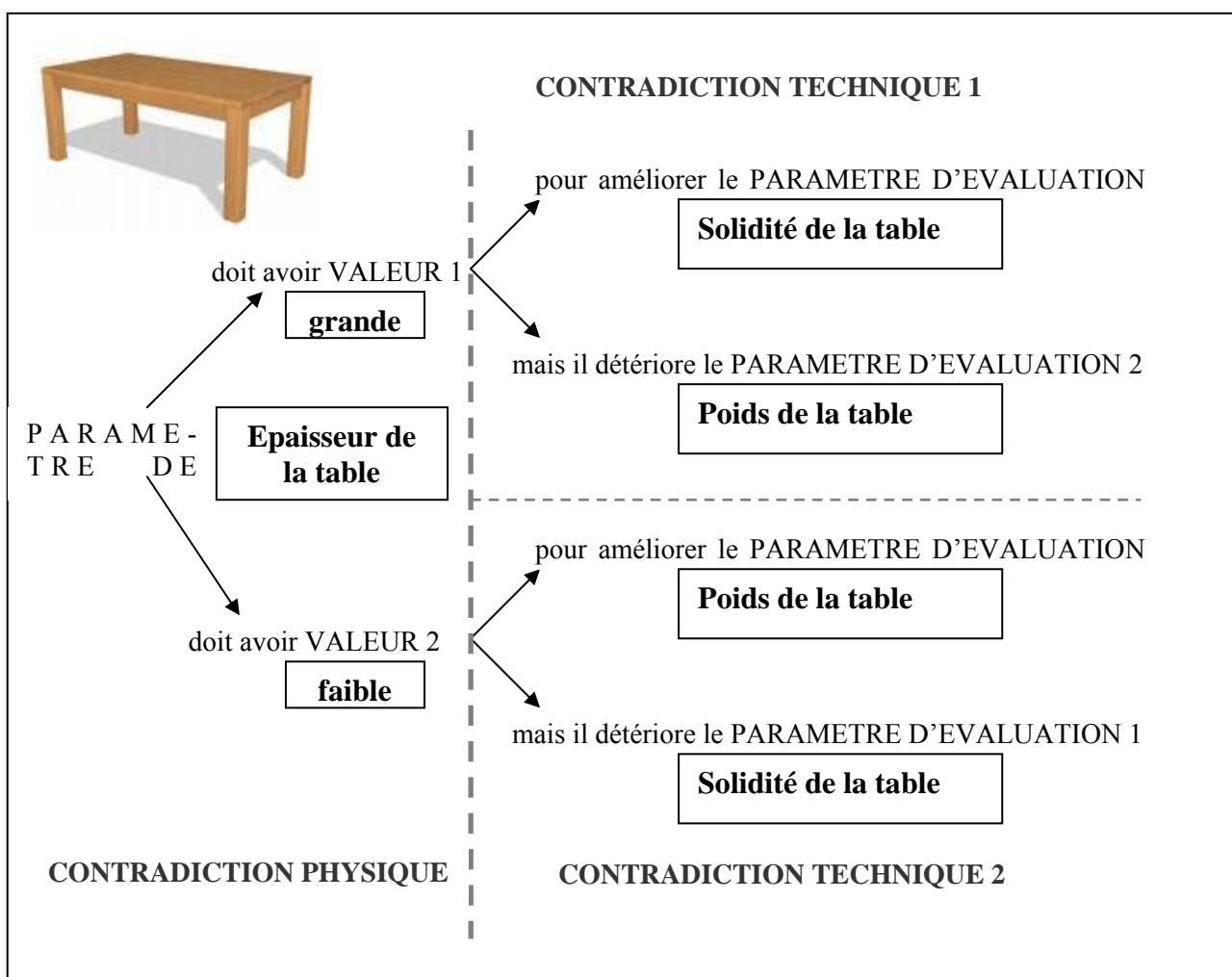
La représentation graphique est un modèle facile à utiliser sur lequel la partie droite comprend deux Contradictions Techniques et la partie gauche une Contradiction Physique.

## 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.

Nous pouvons donc définir deux Paramètres d'Évaluation :

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

L'étape suivant 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

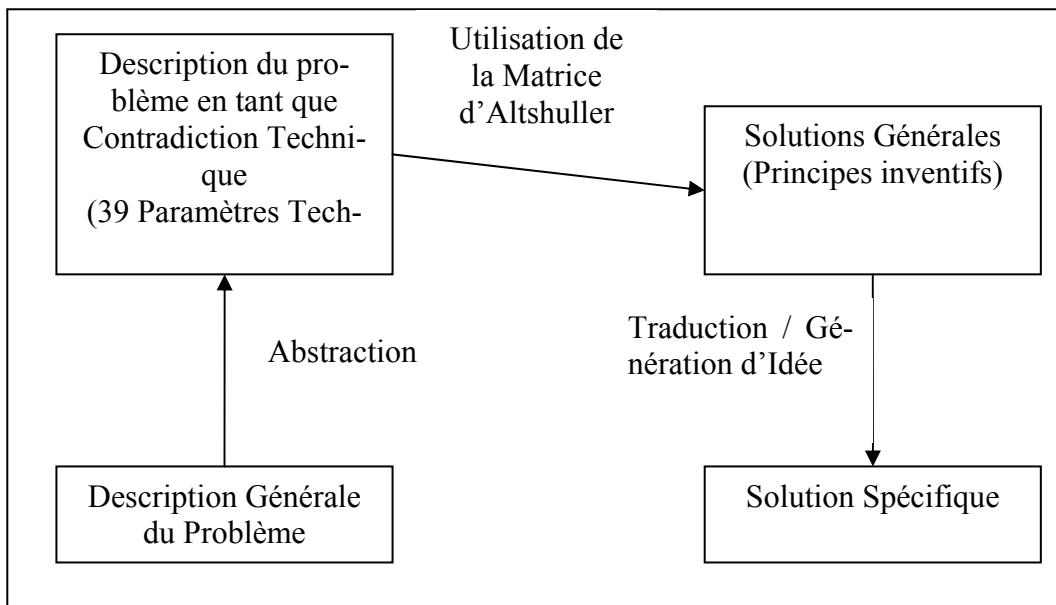
Une Contradiction technique est un conflit entre les caractéristiques d'un système où l'amélioration d'un paramètre entraîne la dégradation d'un autre paramètre.



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 Mince (Coques Flexibles et Films Mince)
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

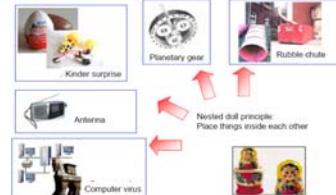
- A     Diviser un objet en pièces indépendantes.
  - Remplacer le mainframe par des PC.
  - Remplacer un grand camion par un tracteur et une remorque.
  - Utiliser un diagramme des tâches pour un grand projet.
- B     Faciliter le désassemblage d'un objet.
  - Meubles modulaires.
  - Raccords rapides 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 difference 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 food items (local quality)
- 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 Phillips 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	Strength	Durability of mobile object	Durability of stationary object	Temperature	Illumination
1 weight of mobile object	+	-	16, 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, 19, 39	1, 35, 18, 40	28, 27, 31, 35	6, 34, 31, 35	-	6, 29, 4, 38	19, 1, 32
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, 22	19, 32, 35	
3 length of mobile object	8, 16, 29, 34	-	+	-	15, 17, 4	-	7, 17, 4, 35	-	13, 4, 8	17, 10, 4	1, 8, 35	8, 20, 10, 29	8, 20, 15, 34	10, 26, 19	-	10, 15, 35	10, 32	
4 length of stationary object	-	35, 28, 40, 29	-	+	-	17, 7, 10, 40	-	35, 8, 2, 14	28, 10, 2, 14	1, 14, 35	13, 14, 15, 7	16, 14, 35	-	1, 10, 35	3, 35, 38, 19	3, 25		
5 area of mobile object	2, 17, 29, 4	-	14, 16, 18, 4	-	+	-	7, 14, 17, 4	-	29, 30, 4, 34	19, 39, 35, 2	10, 15, 36, 28	5, 34, 26, 4	11, 2, 13, 39	3, 15, 40, 14	6, 3	-	2, 15, 16	16, 32, 19, 13
6 area of stationary object	-	30, 2, 14, 18	-	26, 7, 9, 39	-	+	-	-	-	1, 16, 35, 36	10, 15, 36, 37	2, 38	10, 15, 40	-	2, 10, 19, 30	35, 39, 38	2, 13,	
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, 35, 37	1, 15, 28, 10	28, 10, 1, 39	9, 14, 15, 7	6, 35, 4	-	34, 39, 38	2, 13, 10
8 volume of stationary object	-	35, 10, 19, 14	-	19, 14, 14	35, 8, 2, 14	-	-	-	-	2, 18, 37	24, 35	7, 2, 35	34, 28, 35, 40	9, 14, 17, 15	-	35, 34, 38	35, 6, 4	-
9 velocity	2, 28, 19, 38	-	13, 14, 8	-	29, 30, 34	-	7, 29, 34	-	-	13, 28	6, 18, 38, 40	35, 15, 18, 34	8, 3, 1, 18	3, 10, 28, 14	28, 30, 35, 6	-	28, 30, 38, 2	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		→																
1 weight of mobile object	+	-	15, 8, 26, 34	-	29, 17, 38, 34	-	29, 2, 40, 28	-	2, 8, 15, 38	8, 10, 19, 37	10, 36, 37, 40	10, 14, 19, 39	1, 35, 18, 40	28, 27, 31, 35	6, 34, 4, 38	6, 29, 19, 1, 32		
2 weight of stationary object	-	+	-	10, 1, 29, 35	-	35, 30, 13, 2	-	5, 35, 14, 2	-	8, 10, 19, 36	13, 10, 10, 18	26, 39, 29, 40	28, 2, 10, 35	-	2, 27, 19, 6	28, 19, 32, 22, 35		
3 length of mobile object	8, 15, 20, 34	-	+	-	15, 17, 10, 40	-	7, 17, 4, 35	-	13, 4, 8 4	17, 10, 28, 10	1, 8, 35, 10, 20	1, 14, 15, 24	1, 35, 37, 16, 14,	19	-	10, 15, 32		
4 length of stationary object	35, 28, 40, 20	-	+	-	17, 7, 10, 40	-	35, 8, 2, 14	-	28, 10, 35	1, 14, 35	13, 14, 15, 7	30, 37, 35, 26	-	1, 10, 35	3, 35, 3, 25			
5 area of mobile object	2, 17, 29, 4	-	14, 15, 18, 4	-	+	-	7, 14, 4, 34	-	29, 30, 35, 2	19, 30, 36, 28	10, 15, 29, 4	5, 34, 13, 38	11, 2, 40, 14	6, 3	-	2, 15, 16	15, 32, 19, 13	
6 area of stationary object	-	30, 2, 14, 18	-	26, 7, 9, 39	-	+	-	-	1, 18, 35, 33	10, 15, 36, 37	2, 38	10, 15, 40, 14	-	2, 10, 19, 30	35, 39, 38			
7 volume of mobile object	2, 28, 35, 10	-	1, 7, 4, 35	-	1, 7, 4, 17	-	+	-	29, 4, 36, 34	15, 35, 36, 37	6, 35, 36, 37	1, 15, 26, 4	28, 10, 1, 39	-	34, 39, 10, 18	2, 13, 10		
8 volume of stationary object	-	35, 10, 19, 14	19, 14	35, 6, 2, 14	-	-	+	-	2, 28, 37	9, 14, 24, 35	9, 14, 7, 2, 35	34, 28, 35, 40	-	35, 34, 38	35, 6, 4			
9 velocity	2, 28, 13, 38	-	13, 14, 8	-	29, 30, 34	-	7, 29, 34	-	15, 19	6, 18, 38, 40	35, 16, 15, 34	28, 33, 1, 16	8, 3, 25, 14	3, 10, 35, 6	-	28, 30, 36, 2	10, 13, 19	

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).*



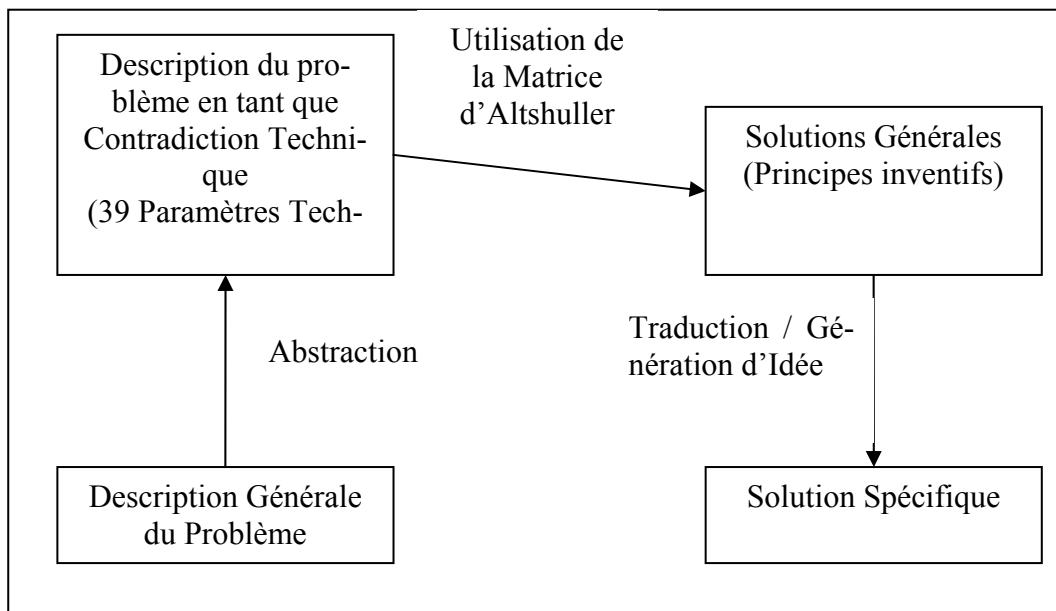
L'étape suivante est de traduire l'énoncé en une contradiction technique en faisant correspondre les caractéristiques des Paramètres Techniques particuliers.

*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 inconvenient que vous souhaitez éliminer
  - 3.2 Mécanismes qui provoquent l'inconvenient, 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

*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.*

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

*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.*

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 Améliorative	Paramètre technique – Caractéristique Détérorative
Un produit est plus résistant ...	<i>...mais son poids augmente</i>
<b>Résistance – PT 14</b>	<b>Masse d'un objet statique – PPT 02</b>

### 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 Améliorative	Paramètre technique – Caractéristique Détératrice
Un produit est plus résistant ...	<i>...mais son poids augmente</i>
<b>Résistance – PT 14</b>	<b>Masse d'un objet statique – PT 02</b>

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	
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		35, 28, 40, 29	
5 area of mobile object	2, 17, 29, 4	-	14
6 area of stationary object	-	30, 2, 15, 18	1
7 volume of mobile object	2, 26, 29, 40	-	1,
8 volume of stationary object	-	35, 10, 19, 14	15
9 velocity	2, 28, 13, 38	-	13
10 force	8, 1, 37, 18	15, 13, 28	17 9
11 tension/ pressure	10, 36, 37, 40	15, 29, 10, 18	35
12 shape	8, 10, 29, 40	15, 10, 16, 2	29
13 stability of composition	21, 31, 2, 39	26, 39, 1, 40	13
14 strength	8, 40,	40, 26, 15	1, 1

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

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
---

Idées de solution	
<b>PI 40 – Matériaux Composites</b>	<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>
<b>PI 26 – Copie</b>	<i>Dématerrialiser 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>
<b>PI 27 – Produits éphémères et bon marché</b>	<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>
<b>PI 1 – Segmentation</b>	<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.

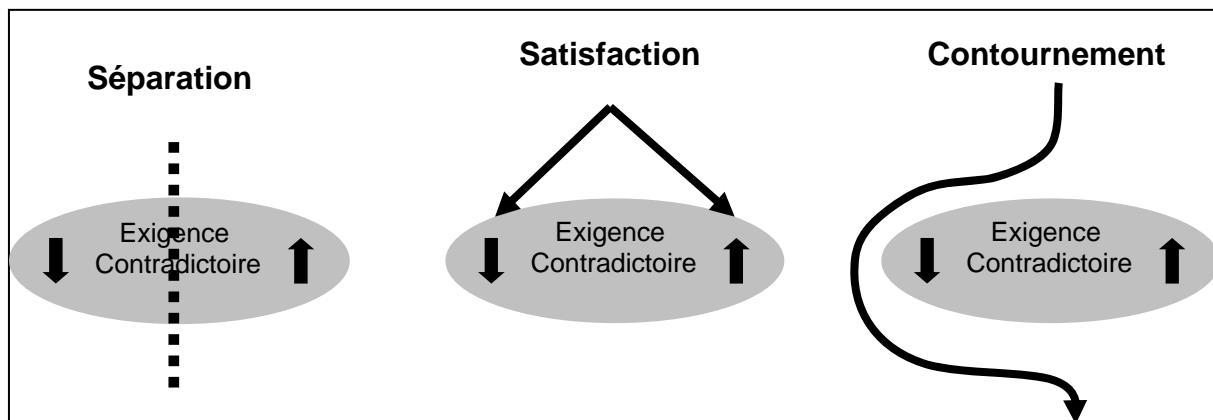
Exemple : L'élément doit être chaud et froid  
L'élément doit être dur et mou



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 :

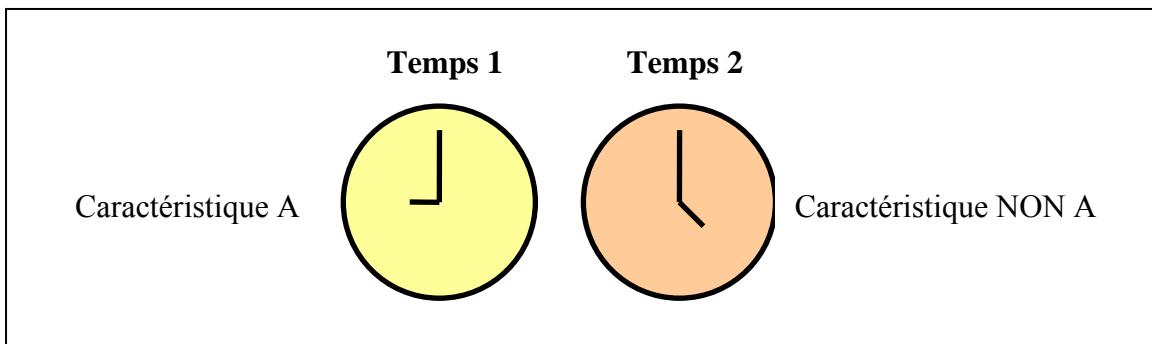


- Séparation dans le Temps
- Séparation dans l'Espace
- Séparation de la Condition / Fonction
- Séparation du Niveau du Système

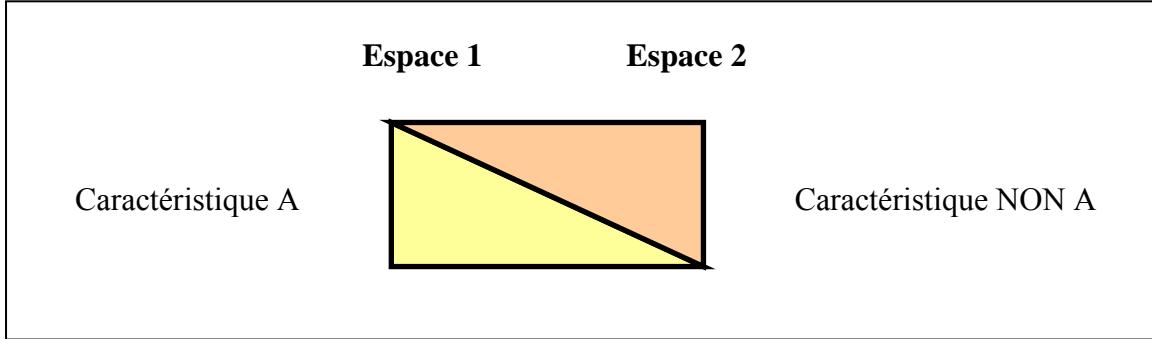
# tETTRIS

## Modèle

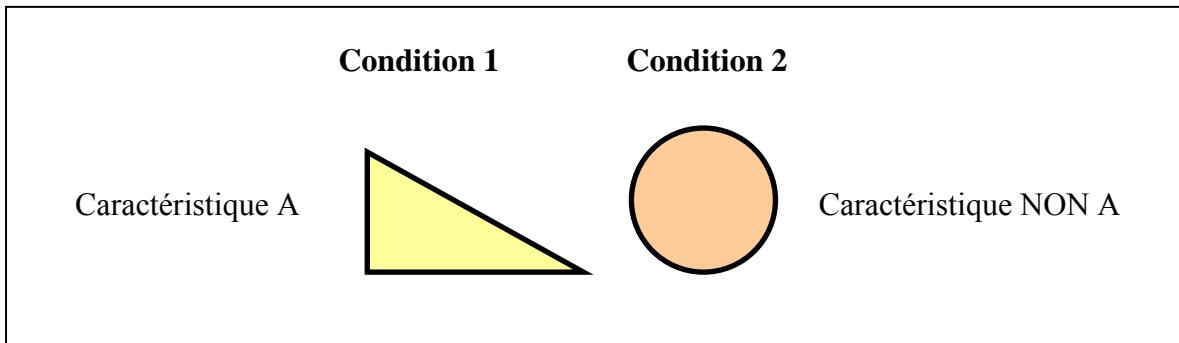
- Séparation dans le Temps



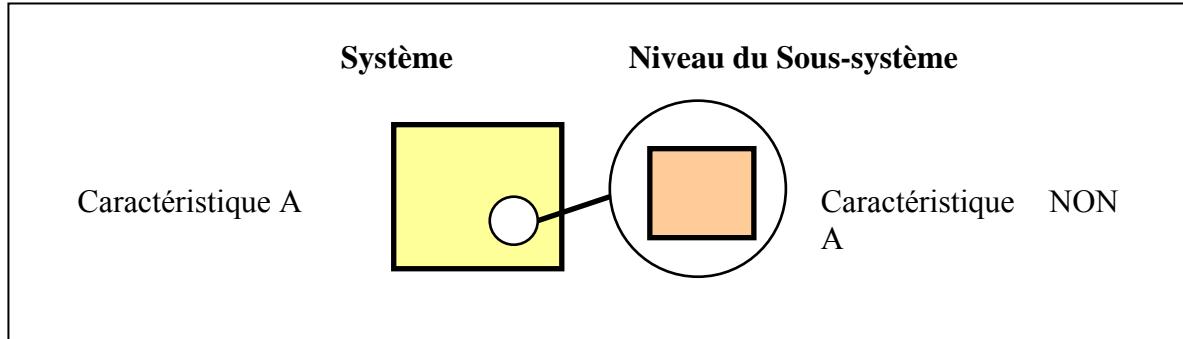
- Séparation dans l'Espace



- Séparation de la Condition / Fonction



- Séparation du Niveau du Système



### 5.3.1.1 – Séparation dans le Temps

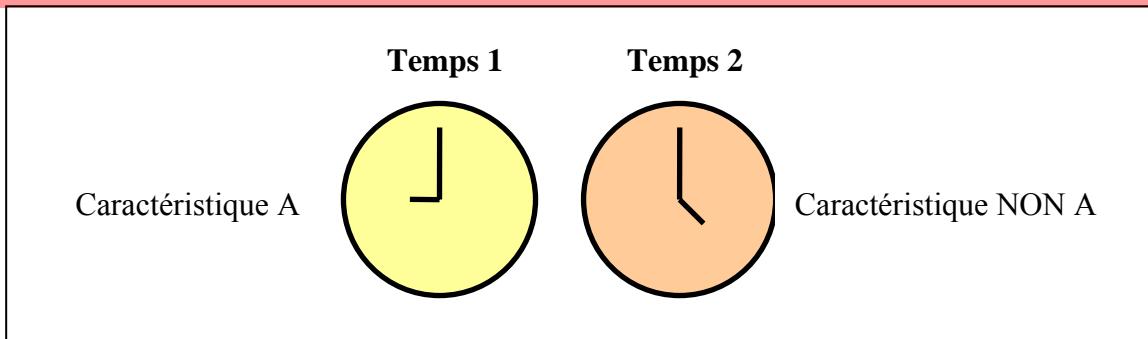
#### Définition

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

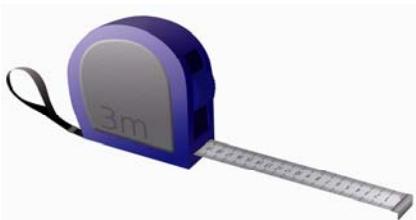
#### Exemple – Produit

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)

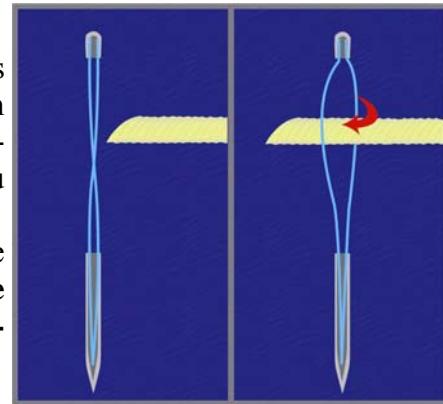
### Solution :

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 un 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

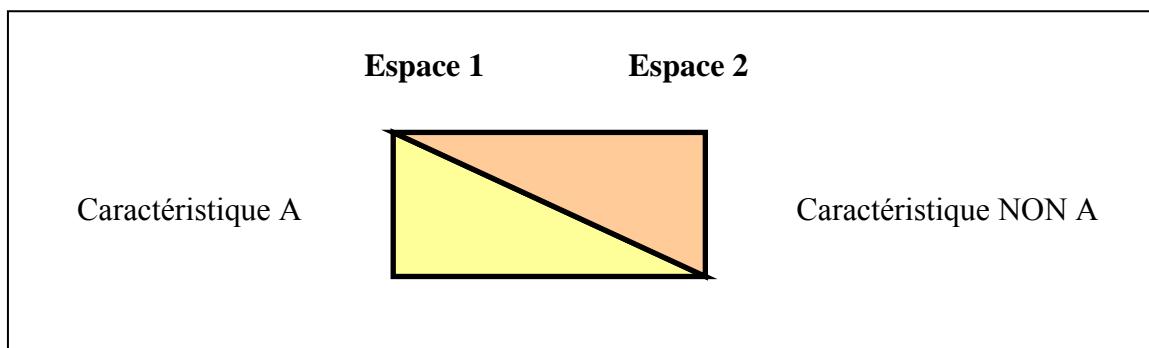
L'idée est de séparer, dans l'espace, les exigences opposées.

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'armure 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 placé 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.

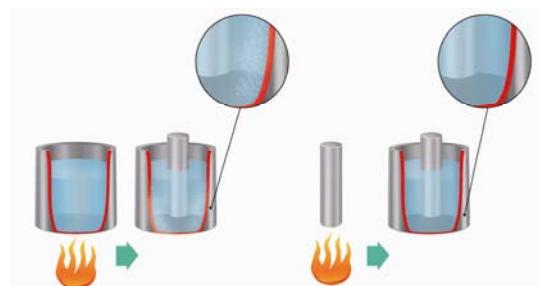


Pour appliquer le principe de séparation dans l'espace, nous devons, par exemple, nous poser la question suivante : Avons-nous besoin que ce paramètre – la température dans ce cas – soit élevé (et bas) partout, ou est-il nécessaire à certains endroits uniquement ? Si la température n'a pas besoin d'être 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

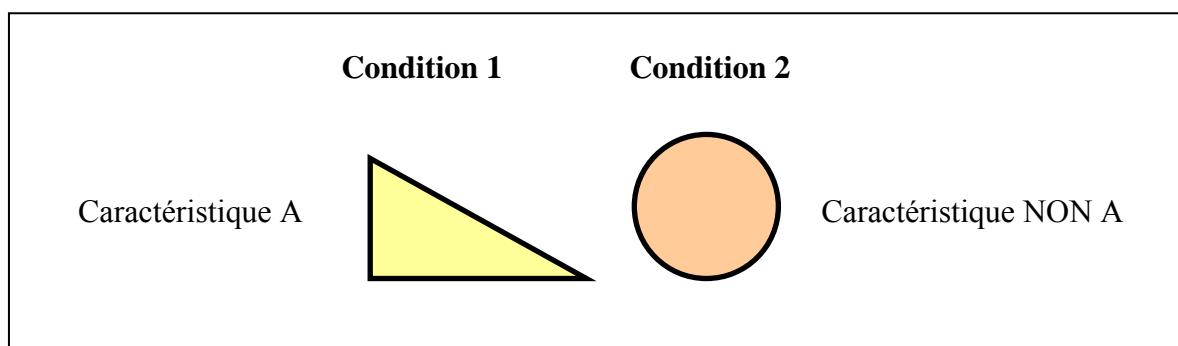
#### Définition

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 jusqu'à 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.

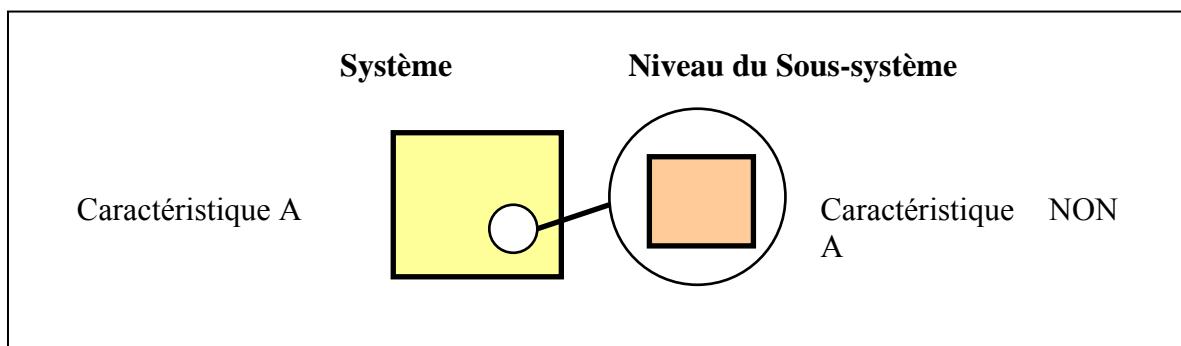
### 5.3.1.4 – Séparation du Niveau du Système / par la Transition vers un Sous- ou un Super-Système

#### 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 :

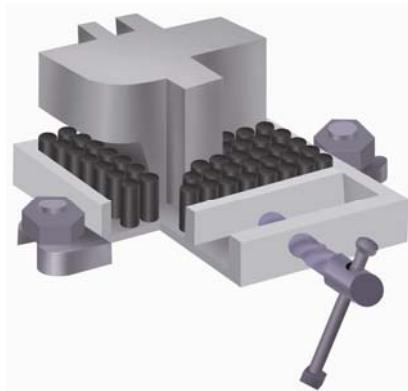
Pouvons-nous satisfaire les caractéristiques A et PAS A en assignant l'une d'entre elles au système entier et l'autre à ses parties ?

### **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 différentiation 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.

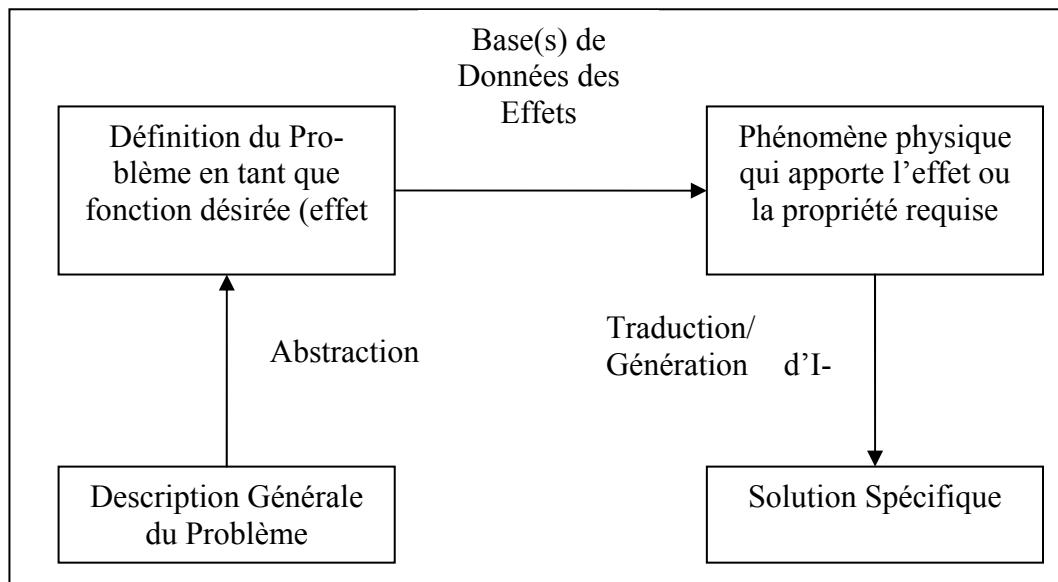


Effets Géométriques : organisent et redistribuent les flux d'énergie et les substances déjà disponibles dans le système.

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).

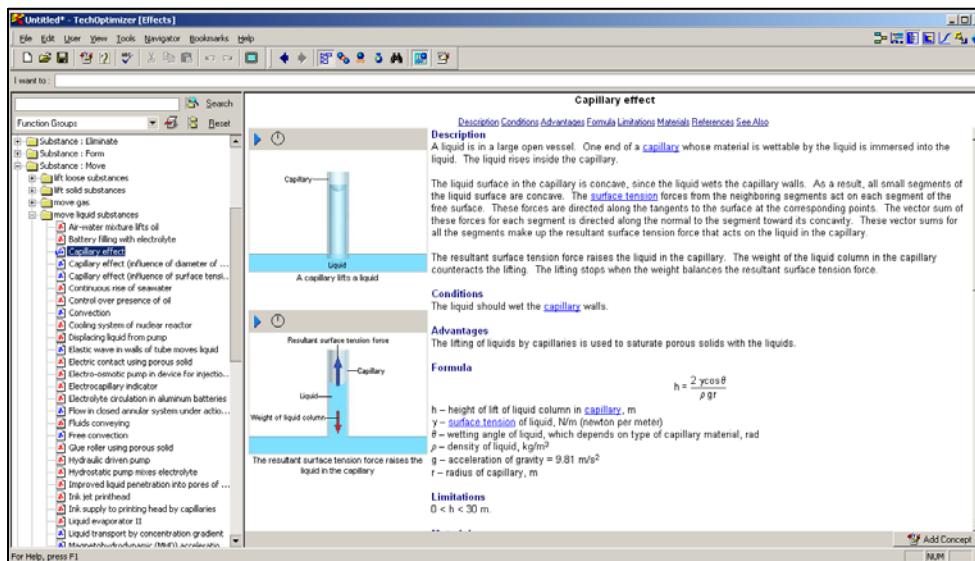
1. Mesurer la température
2. Réduire la température
3. Augmenter la température
4. Stabiliser la température
5. Localiser un objet
6. Déplacer un objet
7. Déplacer un liquide ou un gaz
8. Déplacer un aérosol (particules de poussière, fumée, brume, etc.)
9. Former des mélanges
10. Séparer des mélanges
11. Stabiliser la position d'un objet
12. Générer et/ou manipuler la force
13. Changer la friction
14. Éraser 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. Déetecter les propriétés et/ou conditions de surface
21. Varier les conditions de surface



22. Déetecter les propriétés et/ou conditions de volume
23. Varier les conditions de volume
24. Développer certaines structures, stabiliser la structure
25. Déetecter 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 appliquée 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(s) 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'ultraviolet
- 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 Mince (Coques Flexibles et Films Mince)**

- 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 – Matériaux 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 Puissantes)**

- 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.

### PT 07 – 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.

### PT 08 – 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.

### PT 09 – Vitesse

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

### PT 10 – 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.

### PT 11 – 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.

### PT 12 – 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	illumination	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, 10, 37	10, 36, 35, 40	10, 14, 19, 39	1, 35, 18, 40	28, 27, 31, 35	5, 34, 4, 38	6, 29, 32	19, 1, 34, 31	35, 12, -				
2	weight of stationary object	-	+	-	10, 1, 29, 35	-	35, 30, 13, 2	-	5, 35, 19, 35	13, 29, 10, 18	13, 10, 29, 14	1, 40, 1, 40	29, 28, 10, 27	2, 27, 19, 6	28, 19, 32, 22	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, 4	1, 8, 35	1, 8, 10, 29	8, 35, 15, 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	1, 14, 28, 10	13, 14, 15, 7	39, 37, 35, 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, 36, 28	5, 34, 29, 4	11, 21, 13, 39	3, 15, 40, 14	6, 3	-	2, 15, 2, 15	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	1, 15, 29, 4	28, 10, 1, 39	9, 14, 15, 7	6, 35, 4	-	34, 39, 10, 18	2, 13, 10	35	-	
8	volume of stationary object	-	35, 10, 19, 14	35, 8, 2, 14	-	-	+	-	-	2, 18, 37	28, 28, 34, 35	9, 14, 17, 15	-	35, 34, 38	35, 6, 4	-					
9	velocity	2, 28, 13, 38	-	13, 14, 8	-	29, 30, 34	-	7, 29, 34	-	+ 13, 28, 15, 19	6, 18, 38, 40	35, 18, 18, 34	28, 33, 1, 18	8, 3, 26, 14	3, 19, 35, 5	-	28, 30, 36, 2	10, 13, 19	8, 15, 35, 38	-	
10	force	8, 1, 37, 18, 1, 28	18, 13, 9, 36	17, 19, 1, 28	28, 10	19, 10, 15, 36, 37	1, 18, 15, 37	15, 9, 12, 37	2, 36, 18, 37	13, 28, 15, 12	+ 18, 21, 11	10, 35, 40, 34	35, 21, 1, 12	35, 10, 19, 2	-	35, 10, 21	19, 17, 1, 16	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	1, 10, 36, 37	6, 35, 36	35, 24	6, 35, 21	+ 15, 10, 2, 40	35, 4, 3, 40	35, 9, 27	19, 3, 27	-	35, 39, 19, 2	14, 24, 10, 37				
12	shape	8, 10, 29, 40	15, 10, 26, 3	29, 34, 5, 4	13, 14, 10, 7	5, 34, 4, 10	-	14, 4, 15, 22	35, 15, 34, 18	35, 15, 34, 18	35, 10, 37, 40	34, 15, 10, 14	+ 33, 1, 18, 4	30, 14, 10, 40	14, 26, 9, 25	22, 14, 19, 32	13, 15, 32	2, 6, 34, 14			
13	stability of composition	21, 35, 2, 39	26, 39, 1, 40	13, 15, 1, 28	37	2, 11, 13	39	28, 10, 19, 39	34, 28, 35, 40	33, 15, 28, 18	35, 15, 21, 16	+ 22, 1, 18, 4	22, 1, 15, 30	35, 21, 15, 35	35, 23	37, 13, 32	35, 23	13, 19, 27, 4, 29, 18			
14	strength	1, 8, 40, 15	40, 26, 8, 35	1, 15, 2, 35	15, 14, 28, 26	3, 34, 40, 29	9, 40	10, 15, 14, 7	10, 18, 17, 15	8, 13, 16, 14	10, 18, 14, 34	10, 30, 35, 40	13, 17, 30, 10	+ 27, 3, 26	30, 10, 40	35, 19, 10	19, 35, 10	35	14, 24, 35		
15	durability of mobile object	19, 5, 34, 31	-	2, 19, 9	-	3, 17, 19	-	10, 2, 19, 30	-	3, 35, 5	19, 2, 19, 30	14, 26, 27, 3,	13, 3, 28, 25	27, 3, 35, 10	+ -	19, 15, 39	2, 19, 4, 35	28, 6, 35, 18			
16	durability of stationary object	-	6, 27, 19, 16	-	1, 40, 35	-	-	-	35, 34, 38	-	-	-	39, 3, 35, 23	-	+ 19, 18, 36, 40	-					
17	temperature	36, 22, 6, 38	22, 35, 32	15, 19, 9	15, 19, 9	3, 35, 39, 18	35, 38	34, 39, 40, 18	35, 6, 4	2, 28, 36, 30	35, 10, 3, 21	35, 39, 19, 32	14, 22, 2, 20	1, 35, 22, 40	35, 10, 32, 40	19, 18, 36, 40	+ 32, 30, 21, 16	19, 15, 3, 17			
18	lumination	19, 1, 32	2, 35, 32	19, 32, 16	-	19, 32, 26	-	2, 13, 10	10, 13, 19	26, 19, 6	10, 13, 19	32, 3, 27	35, 19, 2, 19, 6	19, 6, 27	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, 35, 18	16, 26, 21, 2	23, 14, 25	12, 2, 27	19, 13, 28, 25	5, 19, 3, 18	19, 24, 3, 14	2, 15, 19	+ -			
20	energy consumption of stationary object	-	19, 9, 6, 27	-	-	-	-	-	-	36, 37	27, 4, 29, 18	35	-	-	-		19, 2, 35, 32	-	+		
21	power	8, 36, 38, 31	19, 26, 17, 27	1, 10, 35, 37	19, 38	17, 32, 13, 38	35, 6, 38	30, 6, 25	15, 35, 26, 35	26, 2, 36, 35	22, 10, 35	29, 14, 2, 40	35, 32, 15, 31	26, 10, 28	19, 35, 10, 38	16	2, 14, 17, 25	16, 6, 19	16, 6, 19, 37		
22	waste of energy	15, 6, 19, 28	19, 6, 13	7, 2, 6, 13	6, 38, 7	15, 26, 17, 30	17, 18	7	16, 35, 38	16, 38	23, 14, 28	14, 2, 39, 6	26	-	19, 38, 7	1, 13, 32, 15					
23	waste of substance	35, 6, 23, 40	35, 6, 22, 32	14, 29, 10, 39	28, 24	35, 21, 10, 31	18, 39	30, 36, 31	3, 39	28, 28	29, 35, 30, 36	2, 14, 3, 35	35, 28, 30, 40	10, 30, 31, 40	19, 24, 3, 18	19, 38, 3, 18	1, 6, 13	35, 18, 24, 5	28, 27, 12, 31		
24	loss of information	10, 24, 35	10, 35	1, 26	26	30, 26	30, 16	-	2, 22	26, 32	-	-	-	10	10		19				
25	waste of time	10, 20, 37, 35	10, 20, 26, 5	15, 2, 29	14, 5	26, 4, 5, 16	10, 35	2, 5	35, 16, 36, 5	36, 5	10, 37, 34, 17	4, 10, 1, 37	29, 3, 32, 5	20, 10, 28, 18	20, 10, 16, 21	20, 18, 26, 17	1, 19, 21, 16	35, 29, 1, 19			
26	amount of substance	35, 6, 18, 31	27, 26, 18, 35	29, 14, 35, 18	15, 14, 29	2, 18, 40	15, 20	-	35, 29, 34, 28	35, 14, 3, 28	10, 36, 1, 37	15, 2, 14, 35	35, 15, 17, 40	35, 10, 34, 10	31	31	34, 29, 16, 18	3, 35	3, 35	3, 35	
27	reliability	3, 8, 10, 40	31, 8, 8, 28	10, 15, 14, 4	15, 29, 28, 11	17, 10, 14, 16	32, 35, 40, 4	3, 10	2, 35, 29	21, 35, 11, 28	8, 28, 10, 3	35, 16, 1, 28	35, 15, 17, 40	11, 28, 35, 25	11, 28	11, 28, 10	11, 32, 13	21, 11, 27, 19	36, 23		
28	accuracy of measurement	32, 35, 26, 28	28, 35, 25, 26	28, 26, 5, 16	28, 26, 3, 16	26, 28, 32, 32	28, 28, 32, 32	32, 13, 32	23, 18, 32, 24	6, 28, 32	32, 13, 32	6, 28, 32	32, 13, 32	32, 13, 32	32, 13, 32	32, 13, 32	6, 28, 32	3, 35	3, 35	3, 35	
29	manufacturing precision	28, 32, 13, 18	28, 35, 27, 29	10, 28, 29, 37	28, 32, 10	29, 33, 29, 32	29, 28, 32, 32	2, 29	35, 23, 35, 28	26, 28, 3, 34	28, 19, 32, 34	3, 35, 3, 36	32, 30, 30, 38	30, 18, 30, 37	3, 27, 40	19, 26	3, 32	32, 2			
30	harmful factors acting on object	22, 21, 27, 39	21, 22, 13, 24	17, 1, 39, 4	22, 1, 38, 40	27, 21, 31, 39	22, 23, 39, 35	34, 39, 37, 35	21, 22, 19, 27	13, 35, 35, 28	22, 21, 39, 38	17, 1, 1, 37	35, 24, 35, 28	18, 35, 1, 37	22, 21, 37, 39	17, 1, 1, 37	22, 23, 37, 39	17, 1, 1, 37	22, 23, 37, 39	17, 1, 1, 37	
31	harmful side effects of the object	19, 22, 15, 39	35, 22, 15, 39	17, 15, 1, 39	17, 2, 18, 39	22, 1, 40	30, 18	35, 4	3, 23	28, 17, 35, 29	22, 1, 39, 18	35, 1, 1, 37	35, 40, 35, 45	15, 35, 1, 40	22, 22, 33, 31	16, 22, 33, 31	22, 22, 33, 31	16, 22, 33, 31	22, 22, 33, 31	16, 22, 33, 31	
32	manufacturability	28, 29, 15, 16	1, 27, 36, 13	1, 29, 13, 17	15, 17, 26, 12	13, 1, 16, 40	13, 29, 1, 40	35	13, 1, 8, 1	35, 12, 35, 17	35, 19, 1, 37	1, 28, 1, 37	11, 13, 1, 32	27, 1, 4	35, 16, 18	27, 26, 27, 1	28, 24, 27, 1	28, 26, 27, 1	1, 4, 4		
33	operation convenience	25, 2, 13, 15	6, 13, 1, 17,	1, 17, 13, 16	18, 16, 13, 16	1, 16, 1, 16	4, 18, 18, 13	4, 18, 28, 13	1, 17, 1, 17	13, 35, 13, 35	13, 35, 13, 35	32, 35, 32, 35	32, 40, 32, 40	29, 3, 30, 28	1, 16, 1, 16	26, 27, 13, 17	1, 13, 1, 13	35, 38, 1, 13			
34	repairability	2, 27, 35, 11	21, 27, 35, 11	1, 28, 10, 25	3, 18, 31	15, 13, 32	15, 13, 32	1	34, 9, 14	1, 11, 1, 20	1, 11, 1, 20	1, 13, 1, 24	2, 35, 2, 35	11, 1, 1, 24	1	4, 10	15, 1, 13	35, 38, 24, 24			
35	adaptability	1, 6, 15, 15, 16	19, 35, 34, 36	35, 1, 35, 29	1, 17, 29, 7	15, 16, 15, 16	1, 17, 29, 7	15, 35	35, 11	15, 17, 14	35, 10, 14	15, 17, 14	35, 16, 35, 16	35, 30, 35, 30							

## Partie 2/2 (Matrice d'Altshuller)

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

#### 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	Capillary force Osmosis Toms effect Waves Bernoulli effect Weissenberg effect
Moving an aerosol (dust particles, smoke, mist, etc.)	Electrization Applied electric or magnetic field Pressure of light
Formation of mixtures	Ultrasonics Cavitation Diffusion Applied electric field Magnetic field applied in combination with magnetic material Electrophoresis Solubilization
Separating mixtures	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	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	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	Johnson-Rabeck effect Radiation effect Abnormally low friction effect No-wear friction effect
Crashing objects	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 makers
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 properties 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 Moessbauer effect Hall effect

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

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 Seymon, 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](http://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 Computerized 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 Idealtion International Inc.





## EXERCICES POUR LES MATÉRIELS TETRIS. (IGOR KAIKOV)

### Introduction

Tous les exercices ci-dessous sont donnés dans une forme simplifiée et adaptée. Nous avons pris pour exemple les systèmes techniques simples que tout le monde connaît. Nous avons résolu de vrais problèmes d'ingénierie mécanique pouvant être utilisés comme matériel éducatif pour un grand nombre de principes et règles de TRIZ. Cependant, pour les objectifs de ces cours, ces exemples font l'objet d'adaptations et de simplifications si importantes qu'elles pourraient donner aux étudiants une idée erronée de la substance et du niveau de complexité de problèmes réel.

Nous pensons que cette forme simplifiée est inappropriée voire dangereuse pour les objectifs de ce cours si elle ne comporte pas les descriptions correspondantes de la situation problématique et sa transformation d'une situation floue en problème correctement défini.

Dans des versions ultérieures du manuel éducatif correspondant, nous donnerons de véritables problèmes personnalisés de production et expliquerons les méthodes de transition d'une situation diffuse à la formulation du problème.

Dans le présent cours, nous limitons la description à des exemples éducatifs. Ils sont analysés en détail, avec des commentaires et des astuces (aide) et de possibles réponses (test). Néanmoins, les étudiants sont libres d'analyser les problèmes de façon indépendante et de trouver des solutions conformes aux règles de TRIZ.

Veuillez noter qu'en règle générale, vous pouvez trouver une même solution en suivant différentes voies et en utilisant différents outils de TRIZ. L'outil qui vous semble le plus efficace, à vous personnellement, dépend du type de problème et du niveau de vos connaissances et compétences. La capacité à utiliser divers outils de TRIZ conditionne votre réussite dans la résolution de problèmes réels. Il est intéressant de rappeler que l'un des objectifs de TRIZ en tant que théorie est d'offrir des compétences réflexives permettant à la personne qui cherche à résoudre un problème de créer ses propres outils de résolution.

Les problèmes inventifs sont des problèmes non linéaires, et ce à différents égards. C'est pourquoi, dans le cadre de leur résolution, il peut parfois être judicieux de jeter un coup d'œil dans une encyclopédie ou des livres de référence, d'en apprendre davantage sur l'histoire du développement d'un système technique, etc.

Lorsque vous avez résolu le problème, ne vous arrêtez pas. Pensez – quels sont les lacunes ou les inconvénients des solutions suggérées par les auteurs dans le manuel ? Le très réputé naturaliste français du 18ème siècle, Georges Buffon (Buffon, Georges-Louis Leclerc, (1707-1788) concluait chacun de ses articles ou de ses livres par une liste de problèmes non-résolus. Cela offrait une nouvelle et vaste perspective au problème, attirait de nouveaux chercheurs et rendait l'étape suivante plus aisée.

Bonne chance !

## 1 Problème (une clé antichoc)

### 1 Situation Problématique

Les serrures à clé plate représentées sur les Fig. 1, 2, 3 sont souvent utilisées pour fermer les tiroirs, armoires et portes (Fig. 3). La partie supérieure d'une clé, là où nous tenons la clé pour la faire tourner dans la serrure, s'appelle la « tête ». La partie inférieure de la clé, c'est-à-dire celle qui est insérée dans le trou de la serrure pour ouvrir ou fermer à clé, s'appelle la « barbe ».



Fig. 1.

<http://www.ps.com.ua/file.php?id=14>

Fig. 2.

<http://keyservice.tomsk.ru/upload/avtorussia.JPG>

Fig. 3.

<http://www.keyservice.ru/pics/keys/u5.gif>

Les clés sont minces, légères et occupent peu de la place dans une poche ou un sac. Cependant, elles présentent un inconvénient considérable. Si nous cognons accidentellement une clé laissée dans la serrure, elle peut casser. Il est ensuite difficile de retirer le morceau cassé de la serrure. De plus, il est ensuite difficile de d'ouvrir la porte ou le tiroir. Dans ce cas, il nous faut casser la serrure et parfois même le meuble dans lequel la serrure est insérée, c'est-à-dire la porte, le tiroir, etc. Pour se sortir de cette situation désagréable, il serait bon d'avoir une « clé antichoc ».

Concevez une clé qui ne se casse pas, même en cas de choc important. Ne changez pas les autres choses (table, porte, serrure, etc. ...). Il est nécessaire de ne modifier que la clé, et plus précisément, il est nécessaire de modifier la « tête » de la clé.

### \* Erreurs Typiques (commises avant la résolution du problème)

Il existe quelques erreurs typiques que commettent les étudiants lorsqu'ils cherchent à résoudre ce problème. La principale erreur est de multiplier les options : et que se passerait-il si nous faisons comme ceci ... ou bien comme cela ? N'essayez pas de « deviner » une solution. Il est plus important de suivre les règles pendant la formation, que de trouver une réponse. Une analyse de problème conduite correctement d'après les règles est plus utile et plus efficace qu'une solution trouvée par hasard. Pensez par ailleurs aux solutions qui pourraient être proposées par des étudiants ne connaissant pas les règles de TRIZ. Quelques étapes incorrectes typiques sont mentionnées ci-dessous.

- Généralement, on propose de réaliser une clé à partir de matériaux plus durs, comme un

acier spécial.

- Changer le profil de la clé, c'est-à-dire remplacer une clé plate par une clé avec un profil rond ou un autre profil à la durabilité et la résistance améliorées. Bien entendu, dans ce cas, il serait nécessaire de changer la serrure.
- Panneaux d'avertissement afin d'inciter les gens à faire attention et à ne pas toucher la clé accidentellement, inséré dans le trou de serrure.
- Retirer la clé après chaque ouverture ou fermeture, et donc ne pas la laisser sur la serrure.

En guise d'exercice, nous vous laissons trouver les faiblesses de chacune des solutions proposées. Appliquez ensuite les règles TRIZ à votre meilleure solution.

## 2 Indications-1

RFI :

La clé se protège elle-même contre tout dégât causé par quelqu'un qui la touche ou la cogne violemment. Cependant, la clé conserve sa capacité de remplir sa fonction – verrouiller et déverrouiller une serrure.

## 3 Indications-2

Contradiction 1 :

La clé doit se casser parce qu'elle subit une force ; et la clé ne doit pas se casser afin de ne pas nécessiter le remplacement de la serrure ou de la porte.

## 4 Outil

RFI

La clé se protège elle-même contre tout dégât causé par quelqu'un qui la touche ou la cogne violemment. Cependant, la clé conserve sa capacité à remplir sa fonction – verrouiller et déverrouiller une serrure.

### Contradictions :

Contradiction 1 :

La clé doit se casser parce qu'elle subit une force ; et la clé ne doit pas se casser afin de ne pas nécessiter le remplacement de la serrure ou de la porte.

### Commentaire 1 :

Une clé se casse-t-elle systématiquement lorsqu'elle subit une force ? Lorsque nous ouvrons une porte et tournons la clé dans le trou de serrure, nous appliquons une force sur la clé. Si la force est appliquée dans la bonne direction, la clé ne se casse pas et elle remplit sa fonction, à savoir, elle déverrouille une serrure. Il est nécessaire de vérifier ce Système Technique (ST) avec la Loi de l'Harmonisation (voir : LEST – Les Lois de l'Évolution des Systèmes Techniques).

### Contradiction 2 :

La clé doit se casser afin de consommer la force appliquée sur le système lors d'un coup accidentel ; et la clé ne pas se casser afin de ne pas nécessiter un remplacement de la serrure ou de la porte.

### Comment 2 :

Mais si une force appliquée accidentellement ne casse pas la clé lors d'un coup et la tourne dans un trou de serrure, alors la clé ne se casse pas : l'« énergie » du coup ne fonctionne pas pour casser la clé, mais pour la faire tourner. Mais un nouveau problème apparaît – l'ouverture

et la fermeture intempestives lors de coups involontaires. Parfois, ces ouvertures et fermetures intempestives de la serrure peuvent avoir des conséquences plus dangereuses que l'endommagement d'une clé.

L'analyse doit être conduite en identifiant autant de contradictions pertinentes que possibles, afin d'avoir un profil plus détaillé de la solution idéale.

### **Contradiction 3 :**

Lors de coups involontaires, la clé doit tourner pour éviter tout endommagement ; et la clé ne doit pas tourner pour éviter l'ouverture et la fermeture intempestives.

### **Contradiction 4 :**

La clé doit dépasser du trou de serrure afin de nous permettre de l'utiliser (la tourner, ouvrir et fermer, la retirer) ; et la clé ne doit pas dépasser de la serrure afin d'éviter de la cogner et de la casser.

### **Contradiction 5 :**

La « tête » de la clé doit être longue pour permettre de tourner la clé et de déverrouiller la serrure, et la « tête » doit être courte afin de ne pas casser la clé lorsqu'elle est soumise à une force involontaire.

### **Modèle « Tongs »**

#### *1. SI – Description de la Situation Initiale : situation Indésirable (négative) (Effet Négatif – EN). Que souhaiterions-nous changer ?*

Si vous cognez accidentellement une clé plate laissée dans le trou de serrure, elle se casse. Il est essentiel qu'une clé plate insérée dans un trou de serrure ne se casse pas à chaque coup involontaire.

#### *2. Imaginez que vous tenez une baguette magique entre vos mains (RPD) :*

La clé se protège elle-même contre tout dégât causé par quelqu'un qui la touche ou la cogne violemment. Cependant, la clé conserve sa capacité de remplir sa fonction – verrouiller et déverrouiller une serrure.

#### *3. Une barrière (Contradiction) qui nous empêche de surmonter l'effet négatif (EN=SI) et d'obtenir le RPD :*

La clé doit tourner lorsqu'on la cogne accidentellement afin de ne pas se casser, et la clé ne doit pas tourner lorsqu'on la cogne accidentellement afin de ne pas ouvrir et fermer la serrure lors de coups involontaires.

D'après la logique d'ARIZ (chapitre 3 du manuel), il est nécessaire d'identifier l'espace opérationnel et le temps opérationnel de la contradiction. Ensuite, les principes de séparation peuvent être appliqués pour surmonter la contradiction en elle-même (chapitre 5).

En effet, il est possible, dans ce cas, de séparer les exigences contractuelles dans l'espace puisque plusieurs caractéristiques de comportement de la clé sont exigées, comme la fonction de la direction de la force appliquée (rotation pour ouvrir /fermer la serrure, une force latérale lorsque la clé subit un coup accidentel).

Deux principes inventifs apparaissent comme des principes pertinents pour la mise en œuvre de la séparation :

## Principe Inventif № 1 : « Segmentation »

- Diviser un objet en parties indépendantes.
- Réaliser un objet facile à démonter.
- Accroître le degré de fragmentation ou de segmentation d'un objet.

## Principe Inventif № 15: « Dynamisme »

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

## 5 Solution possible

La « barbe » et la « tête » de la clé sont reliées par une charnière. Lorsque la clé tourne dans la serrure, la charnière reste immobile puisque la rotation de la « tête » et de la « barbe » se font simultanément dans ce cas. Ils bougent en tant qu'une seule entité. Le résultat est obtenu à l'aide de l'harmonisation, le couplage fixe de deux forces lorsqu'une telle force est appliquée.

Cependant, si nous appliquons une force sur la « tête » de la clé, et que cette force est perpendiculaire à l'axe de la clé, la « tête » tourne par rapport à la « barbe » grâce à la charnière. Dans ce cas, le couplage fixe des deux parties de la clé est absent (Fig. 4).

Comparez : le bracelet métal d'une montre se plie aisément dans une direction, lorsque les liens du bracelet bougent. Et il reste rigide lorsque vous exercez la force de manière que les liens ne bougent pas au niveau des charnières. (Fig. 5).



Fig. 4. (Photo réalisée par Kaikov I.)



Fig. 5. (Photo réalisée par Kaikov I.)

## 2 PROBLÈME : UN PARAPLUIE. (IGOR KAIKOV)

### 1 Situation Problématique

Chacun connaît cette situation. Un grand parapluie protège bien de la pluie.

Il est également possible de s'abriter à deux sous un parapluie. Mais de fortes rafales de vent s'engouffrent et le retournent. Parfois le parapluie se casse. Un petit parapluie résiste mieux

contre les rafales de vent, mais ne protège pas aussi bien de la pluie. Nous pouvons certainement fabriquer un très grand parapluie très résistant avec d'épaisses tiges et un tissu épais et durable. Mais ce parapluie serait peu pratique et compliqué à transporter, même pour deux personnes. Dans ces moments, il faut le tenir très fort. Que pouvons-nous faire ? Concevez un nouveau parapluie qui offre un grand dôme de protection, protège bien de la pluie, ne se casse pas en cas de fortes rafales de vent et demeure confortable à transporter.

**Fig.1**



### \* Erreurs Typiques (commises avant la résolution du problème)

- On propose généralement de « renforcer » le parapluie, de faire un parapluie plus robuste : avec d'épaisses tiges et un tissu solide. Établissez un contraste entre cette solution et la première solution de l'exercice précédent sur la clé antichoc (voir : Erreurs Typiques commises avant la résolution du problème). Avez-vous remarqué les similitudes qui apparaissent dans la logique ? La logique traditionnelle nous met sur la voie d'une mauvaise solution, une solution qui tente de résoudre le problème de manière « frontale ». Le vent pourrait être si fort que même les tiges et les tissus les plus résistants ne permettraient pas d'échapper au problème ... Le paradoxe de la logique dialectique qui constitue la base de TRIZ est justement tout le contraire. Nous devons « affaiblir » le parapluie, le rendre plus pliable, plus flexible.
- Une des solutions connues est – Le Parapluie SENZ – qui résout partiellement le problème. Le Parapluie SENZ a été conçu pour remplir directement un besoin – empêcher qu'un fort vent retourne le parapluie. L'équipe SENZ a revu le parapluie en le rendant plus robuste et plus aérodynamique ». (Fig.2)



**Fig.2** <http://www.moreinspiration.com/Innovation.aspx?id=1473>

Cependant, ce parapluie présente un inconvénient de taille. Le dôme du parapluie a une forme asymétrique. Il faut se déplacer avec ce parapluie à la forme de bateau en dirigeant la partie étroite face au vent. Cependant, d'après son inventeur, ce parapluie est moins sensible aux rafales de vent. En plus de la complexité que représente l'utilisation d'un tel parapluie, des problèmes de fabrication apparaissent. Les tiges sont de différentes longueurs et doivent être coordonnées avec le dôme asymétrique lors de l'assemblage. Par ailleurs, le diamètre du dôme du parapluie ainsi fabriqué est petit : il est impossible de s'abriter à deux et, en cas de vent latéral, le système ne fonctionne pas de toutes manières !

- Une idée pour le « renforcement » du design du parapluie est d'ajouter des éléments additionnels afin d'aider les tiges à résister contre la pression du vent. L'utilisation d'un tel parapluie est évidemment peu pratique. Il faut ouvrir le parapluie correctement (Fig.3).



**Fig.3.**

- Une autre solution connue est l'utilisation d'un dôme flexible. En cas de rafale de vent, le parapluie ne se casse pas, il se retourne. Mais en position inversée, il ne protège pas de la pluie. De plus, l'utilisateur de ce parapluie doit le retourner dans sa position initiale après chaque rafale de vent.
- Par désespoir, certains sont prêts à « abandonner » et disent : faisons un parapluie d'une telle taille qu'il protège un peu de la pluie et qu'il ne se retourne pas lorsque le vent souffle. Et lorsqu'il pleut et que le vent est trop fort, nous restons à la maison ... Si cette décision peut convenir à certains, elle ne nous satisfait pas du tout !

## 2 Indications-1

RFI :

Un parapluie qui se protège lui-même contre les rafales de vent et dont la fonction de protection contre la pluie n'est pas entravée, et de conception aisée.

## 3 Indications-2

Contradiction 1 :

Un parapluie doit être grand afin de bien protéger l'utilisateur contre la pluie.

Mais un parapluie doit être petit pour éviter que les rafales de vent le cassent.

## Contradiction 2 :

Un parapluie doit avoir des trous pour éviter que le vent le casse.  
Mais un parapluie ne doit pas avoir de trous pour bien protéger de la pluie.

## Contradiction 3 :

Un parapluie doit avoir une forme spéciale afin d'être protégé contre les rafales de vent, et le parapluie doit avoir une forme normale afin d'être plus facile à produire.

## Contradiction 4 :

Un parapluie doit avoir un forme particulière afin d'être protégé contre les rafales de vent, et le parapluie doit avoir une forme normale, une forme d'hémisphère, afin de protéger contre la pluie de manière uniforme.

## 4 Outil

RFI :

Un parapluie se protège lui-même contre les rafales de vent et sa fonction de protection contre la pluie n'est pas entravée.

## Modèle « Tongs »

1. *SI – Description de la Situation Initiale : situation Indésirable (négative) (Effet Négatif – EN). Que souhaiterions-nous changer ?*

Un grand parapluie protège bien de la pluie, mais les fortes rafales de vent le retournent et le cassent parfois. Un petit parapluie résiste mieux aux rafales de vent, mais protège moins bien de la pluie.

2. *Imaginez que vous tenez une baguette magique entre vos mains (RPD) :*

Le parapluie protège bien son utilisateur de la pluie et ne se casse pas lorsqu'il y a une rafale de vent.

Un parapluie se protège lui-même contre les rafales de vent et sa fonction de protection contre la pluie n'est pas entravée.

3. *Une barrière (Contradiction) qui nous empêche de surmonter l'effet négatif (EN=SI) et d'obtenir le RPD :*

Un large dôme de parapluie, c'est comme la voile d'un bateau qui prend le vent : les rafales de vent qui s'engouffrent directement dans le dôme du parapluie sont les plus dangereuses. En effet, elles retournent le parapluie et le cassent. Les rafales de vent extérieures « glissent » le long du parapluie.

4. *Suivez les étapes d'ARIZ, ou du moins sa logique intrinsèque, pour analyser la contradiction en identifiant la zone opérationnelle, le temps opérationnel et les ressources disponibles, et rechercher les possibilités de séparation.*

Suivez les étapes 1-3 d'ARIZ décrites dans la Section 3, puis appliquez les principes de séparation décrites dans la Section 5

Examinons quelques principes inventifs appliqués à la présente contradiction.

### Principe Inventif № 1 « Segmentation »

- Diviser un objet en parties indépendantes

- Réaliser un objet facile à démonter
- Accroître le degré de segmentation ou de fragmentation

## Commentaire

Examinons la contradiction 1 : un parapluie est grand – petit. L'idée suivante apparaît : diviser le parapluie en deux parapluies, par exemple, utiliser deux petits parapluies plutôt qu'un grand (Fig.4). L'inconvénient évident de cette solution est la difficulté d'utilisation.

Cependant, nous devons garder à l'esprit que deux couteaux ne forment pas encore un ciseau.



**Fig. 4.** Comment utiliser deux petits parapluies au lieu d'un grand ?

[http://www.dvorec.ru/reg/foto/11455\\_1153293970.jpg](http://www.dvorec.ru/reg/foto/11455_1153293970.jpg)

## Principe Inventif № 1 « Dynamisme »

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

## Commentaire

Examinons la contradiction 1 : un parapluie est grand – petit. L'idée suivante apparaît : Il pleut sans interruption. Donc, aussi longtemps qu'il pleut, le parapluie doit être ouvert. Les rafales de vent s'engouffrent sous le parapluie de manière ponctuelle. Pendant la rafale de vent, le parapluie devient petit et après la rafale, il devient grand.

## Principe Inventif № 21 « Grande Vitesse » (Sauter)

- Réaliser les opérations néfastes ou dangereuses à grande vitesse

## Commentaire

Examinons la contradiction 1 : un parapluie est grand – petit et la contradiction 2 : un parapluie a un trou pour évacuer le vent et n'a pas de trou pour protéger l'utilisateur de la pluie. L'idée

suivante apparaît :

Le trou n'apparaît que lorsqu'il y a une rafale de vent. Le vent lui-même ouvre une « fenêtre ». Un nouveau défi apparaît : comment pouvons-nous nous protéger l'utilisateur de la pluie lors de l'ouverture du trou ? Bien que le temps d'ouverture du trou dans le parapluie soit court, pendant ce temps, une bonne protection contre la pluie n'est pas assurée.

## Commentaire

Ceci est un point très important : certains problèmes sont résolus en deux étapes. Nous avons trouvé une manière d'évacuer une rafale de vent de l'intérieur du dôme du parapluie vers l'extérieur, mais nous ne savons pas comment nous protéger de la pluie à ce moment. Cette situation est déjà décrite sous la forme d'une contradiction. Il est important de trouver une manière de résoudre la contradiction.

## Principe Inventif № 22 : « Convertir un Effet Néfaste en Bénéfice » (« Bénédiction Déguisée » ou « Transformer les Citrons en Limonade »)

- Utiliser les effets nuisibles - notamment ceux de l'environnement - pour obtenir un effet positif.
- Éliminer un facteur nuisible en le combinant avec d'autres facteurs néfastes.

## Commentaire

Examinons la contradiction 2 : un parapluie a un trou pour évacuer le vent et n'a de trou pour protéger l'utilisateur de la pluie. L'idée suivante apparaît :

Une rafale de vent crée une pression excessive dans le dôme d'un parapluie. Le flux d'air ne permet pas que des gouttes de pluie pénètrent par le trou dans le dôme du parapluie.

## Principe Inventif № 25 « Self-service »

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

## Commentaire

Examinons la contradiction 1: un parapluie est grand – petit et la contradiction 2 : un parapluie a un trou pour évacuer le vent et n'a pas de trou pour protéger l'utilisateur de la pluie. L'idée suivante apparaît :

Le parapluie d'un grand diamètre a un trou en forme de soupape. En position normale, le trou est fermé. Lors d'une rafale de vent, le flux de vent ouvre la soupape dans ce trou. Une fois la rafale passée, la soupape se referme automatiquement, par exemple sous le poids du capuchon de la soupape. La soupape peut être en tissu et placée sur le trou.

## 5 Solution possible

Le dôme d'un parapluie comprend deux parties, une au-dessus de l'autre avec une petite zone de superposition. Une rafale de vent crée une pression excessive dans le dôme du parapluie. Le bord de la partie supérieure du parapluie se soulève au-dessus de la partie inférieure, et évacue ainsi l'air. C'est la rafale de vent ELLE-MÊME qui ouvre cette sorte de soupape dans le dôme du parapluie. Lorsque l'air passe ainsi à travers le parapluie, le parapluie devient « un parapluie avec un trou ». Les gouttes d'eau ne peuvent pas pénétrer dans l'espace sous le parapluie car la pression excessive de l'air les en empêche.

Une fois le flux d'air passé à travers le parapluie, le tissu de la partie supérieure du dôme retombe sous son propre poids et adhère à nouveau à la partie inférieure du dôme, formant ainsi un ensemble cohérent. Les gouttes de pluie qui s'écoulent le long du parapluie ne peuvent pas pénétrer dans l'espace sous le parapluie puisque la partie supérieure du parapluie recouvre de quelques centimètres la partie inférieure du parapluie (C'est comme les tuiles sur le toit d'une maison). Voir Fig. 5 – Fig. 8.



**Fig.5.** (Photo réalisée par Kaikov I.)



**Fig. 6.** (Photo réalisée par Kaikov I.)



**Fig.7.** (Photo réalisée par Kaikov I.)



**Fig. 8.** (Photo réalisée par Kaikov I.)

## BIELLE INNOVANTE POUR MOTEURS HAUTE-PERFORMANCE

### Remarque préliminaire

Le présent exercice s'inspire d'une étude de cas réalisée dans le cadre d'une activité menée par Gaetano Cascini et Francesco Saverio Frillici pour le compte de SCAM srl (Italie) au cours de l'été 2006. C'est pourquoi certains détails ont été volontairement omis.

### Introduction

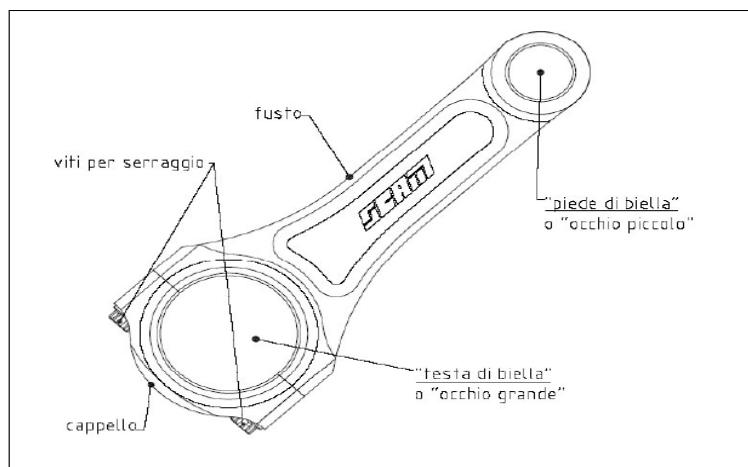
Une bielle pour un moteur à 4 temps se compose de trois sous-systèmes (fig. 1) : la tige avec un petit « œil » à son extrémité la plus étroite et dans laquelle l'axe de piston est inséré ; le « chapeau », une pièce semi-circulaire qui constitue, avec l'extrémité la plus large de la tige, le « grand œil » permettant de fixer la bielle sur l'arbre ; et 2 vis qui fixent le chapeau sur la tige.

Une bielle est soumise à des charges de fatigue dues aux charges d'inertie alternatives et à la pression du gaz dans la chambre de combustion. Par conséquent, les vis doivent supporter une tension normale variable et constituent les points les plus faibles du système dans les moteurs haute-performance (par ex. dans une formule 1).

Au cours de la dernière décennie, d'importantes améliorations ont été obtenues grâce aux alliages spéciaux d'acier et de titane conçus pour supporter d'importantes charges de fatigue et obtenir une fragilité réduite. Encouragé par cette tendance, un marché de niche pour des vis en acier spécial destinées à des conditions de charge extrêmes s'est développé, et 2-3 producteurs se partagent le marché mondial. Par conséquent, ces entreprises peuvent définir les prix comme bon leur semble.

Une petite entreprise compétitive de production d'arbres et de bielles pour moteurs de course n'est évidemment pas capable de signer des accords d'exclusivité pour la fourniture de vis avec les entreprises mentionnées ci-dessus, notamment en raison des volumes réduits de production. En outre, les principaux concurrents ont davantage de chances de signer des accords d'exclusivité. Par conséquent, il est nécessaire de changer radicalement la structure de la bielle.

Il convient de mentionner qu'en raison de contraintes externes, il n'est pas possible de construire une bielle en une seule pièce et de la monter sur un arbre composé de plusieurs pièces. Il est également évident qu'en raison de la destination spéciale de la bielle, la réduction de son poids est la principale exigence que l'on cherche à satisfaire.



**Fig. 1 – Bielle pour moteur à 4 temps.**

Puisque le système est très simple, une analyse fonctionnelle n'offre pas de vue claire des choix de conception relatifs à chaque détail. Cependant, en observant les paramètres de conception, plusieurs contradictions peuvent être identifiées. Une analyse ARIZ étape après étape a été réalisée.

#### ARIZ-85C, étape 1.1

- CT-1 : si la bielle est équipée de petites vis / vis légères qui relient la tige et le chapeau de la bielle, alors les vis subissent une fatigue par tension dépasse leur force maximale.
- CT-2 : si la bielle est équipée de vis capables de supporter les fatigues par tension appliquées sur la bielle, alors leur poids dépasse la valeur maximale acceptable.

#### ARIZ-85C, étape 1.2

La contradiction technique ci-dessus implique la paire conflictuelle suivante :

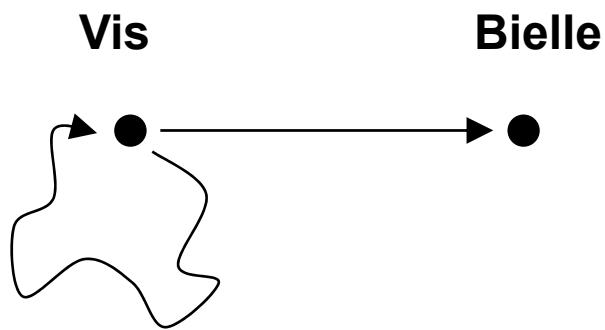
- Outil : la (les) vis
- Produit : la bielle

#### ARIZ-85C, étape 1.3

La Fig. 2 montre les conflits CT-1 et CT-2 en représentant le poids excessif des vis comme une nuisance propre, même s'il devait plutôt être représenté comme une surcharge d'inertie (nuisance) sur le système dans son ensemble.



**Fig. 2a – ARIZ-85C - Étape 1.3: TC1**



**Fig. 2b – ARIZ-85C - Étape 1.3: TC2**

#### ARIZ-85C, étape 1.4

La CT-1 a été choisie comme le côté de la contradiction sur lequel il faut agir car elle est plus proche de l'idéal (pas de poids).

#### ARIZ-85C, étape 1.5

L'intensification de ce conflit mène à l'élimination de la vis : si la bielle est équipée de la vis la

plus petite / la plus légère, c'est-à-dire pas de vis du tout pour relier la tige et le chapeau, alors les vis sont incapables de supporter une charge.

## ARIZ-85C, étape 1.5

Le modèle du problème peut ainsi être résumé de la manière suivante :

- la paire conflictuelle se compose de la vis et de la bielle ;
- la vis absente n'ajoute pas de poids supplémentaire au système, mais est incapable de supporter une charge ;
- il est nécessaire de trouver un composant / champ / propriété X qui supporterait les charges qui s'appliquent sur la bielle, sans ajouter de poids à la bielle elle-même.

## ARIZ-85C, étape 1.7

Le problème décrit ci-dessus peut, dans un premier temps, être abordé à l'aide des Standards Inventifs.

En effet, dans la forme intensifiée du conflit, nous avons un modèle Su-Field présentant une seule Substance (la bielle). Le Standard 1-1-1 doit donc être appliqué.

En raison de la nature même du système et de l'impossibilité de changer radicalement sa structure, une interaction de Champ Mécanique doit être conservée.

En effet, la possibilité de remplacer les vis par l'assemblage du chapeau et de la tige (par ex. par un procédé de soudure) a été considérée à juste titre, mais finalement rejetée en raison d'autres exigences du système.

## ARIZ-85C, étape 2.1

L'Espace Opérationnel dans lequel le conflit apparaît comprend le « grand œil », c'est-à-dire la portion de la bielle destinée à être reliée à l'arbre.

## ARIZ-85C, étape 2.2

Les moments où la bielle est soumise aux forces de traction (T1'), le moment où elle est soumise à des charges de compression (T1'') et le moment où la bielle est fixée sur l'arbre (T2) constituent le Temps Opérationnel.

## ARIZ-85C, étape 2.3

Les principales ressources internes suivantes peuvent être identifiées :

- Ressources du Système : tige, chapeau, vis et leurs formes, position / orientation géométriques, matériel, etc. ;
- Ressources du Sous-système : le petit œil, tête de la vis, filetage de la vis ;
- Ressources du Super-Système : axe de piston, piston, arbre.

## ARIZ-85C, étape 3.1

RFI-1 : un composant X, qui ne complique pas le système et ne cause pas d'effets secondaires nocifs (principalement poids maximum excessif), relie la tige et le chapeau soumis à des charges de traction (T1') et de compression (T1'') en formant un œil fermé stable à fixer à l'arbre du moteur, et préserve la capacité de la bielle à transmettre les forces.

## ARIZ-85C, étape 3.2

Ensuite, le Résultat Final Idéal peut être intensifié en évitant l'introduction de toute nouvelle substance ou nouveau champ, et en prenant pour composant X les ressources identifiées à l'étape 2.3, c'est-à-dire les ressources de l'outil elles-mêmes.

Ainsi, le RFI peut être formulé de la manière suivante :

- la taille / forme / position de la vis, sans dépasser le poids admis, relient la tige et le chapeau d'une bielle soumis à des charges de traction ( $T'$ ) et de compression ( $T''$ ), en formant un œil fermé stable à fixer à l'arbre du moteur, et préservent la capacité de la bielle à transmettre les forces ;
- la tige / le chapeau sont conçus de manière à permettre d'adoption de vis légère(s) capables de relier la tige et le chapeau d'une bielle soumise à des forces de traction ( $T1'$ ) et de compression ( $T1''$ ), en formant un œil fermé stable à fixer à l'arbre du moteur, et à préserver la capacité de la bielle à transmettre les forces ;

## ARIZ-85C, étape 3.3

Au niveau macro, les contradictions physiques peuvent être exprimées en analysant l'état / la valeur préférés de chaque paramètre physique des ressources listées ci-dessus.

La contradiction physique suivante a été sélectionnée parmi toutes les contradictions physiques :

- la vis, pendant  $T1'$  et  $T1''$ , doit être positionnée perpendiculairement à la bielle afin d'éviter d'être soumise aux charges de fatigue et doit être positionnelle parallèlement à l'axe de la bielle afin de relier la tige et le chapeau de la bielle, et de transmettre les forces correctement.

## ARIZ-85C, étape 3.4

La contradiction physique au niveau micro peut être formulée de la manière suivante :

- pendant  $T1'$  et  $T1''$ , il doit y avoir des particules de transmission de la force (dans ce cas, il est intéressant de considérer les particules d'un champ, et pas uniquement d'une substance) de manière qu'une vis perpendiculaire à l'axe de la bielle relie la tige et le chapeau, et il ne doit pas y avoir de particules de transmission de la force afin d'éviter les charges de fatigue sur la vis elle-même.

## ARIZ-85C, étape 3.5

Le grand œil de la bielle doit comporter des particules de transmission de la force de manière qu'une vis perpendiculaire à son axe relie la tige et le chapeau de la bielle elle-même sans appliquer de charges de fatigue sur la vis.

## ARIZ-85C, étape 3.6

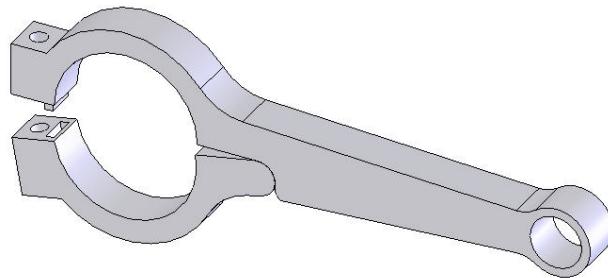
La dernière formulation de la contradiction physique fait apparaître une solution conceptuelle sans même appliquer de principe inventif, simplement en traduisant le RFI-2 en une structure. La forme de la bielle est modifiée de manière que la surface de contact de la tige et du chapeau soit parallèle à son axe ; par conséquent, une vis perpendiculaire à l'axe de la bielle assemble la tige et le chapeau et, grâce à son positionnement perpendiculaire à la direction de la force, elle n'est pas soumise aux charges de fatigue. Les alliages traditionnels d'acières peuvent donc être utilisés tout en réduisant la taille de la vis.

La solution est presque entièrement décrite, mais une définition plus claire de la manière avec laquelle les forces sont transmises entre le grand œil et le petit œil doit être donnée.

Nous devons introduire quelque chose de nouveau dans le système avec l'objectif de ne soumettre la vis qu'à une charge statique normale et d'éviter le cisaillement (à la fois statique et alternatif !).

Un ingénieur en mécanique visualisera rapidement de nombreuses structures possibles ca-

pables de remplir cette fonction. Dans notre cas, l'introduction d'une charnière – telle que représentée dans la figure 3 – a été proposée.



**Fig. 3** – Solution initiale : la vis relie le grand œil à la bielle mais n'est pas soumise aux charges de fatigue.

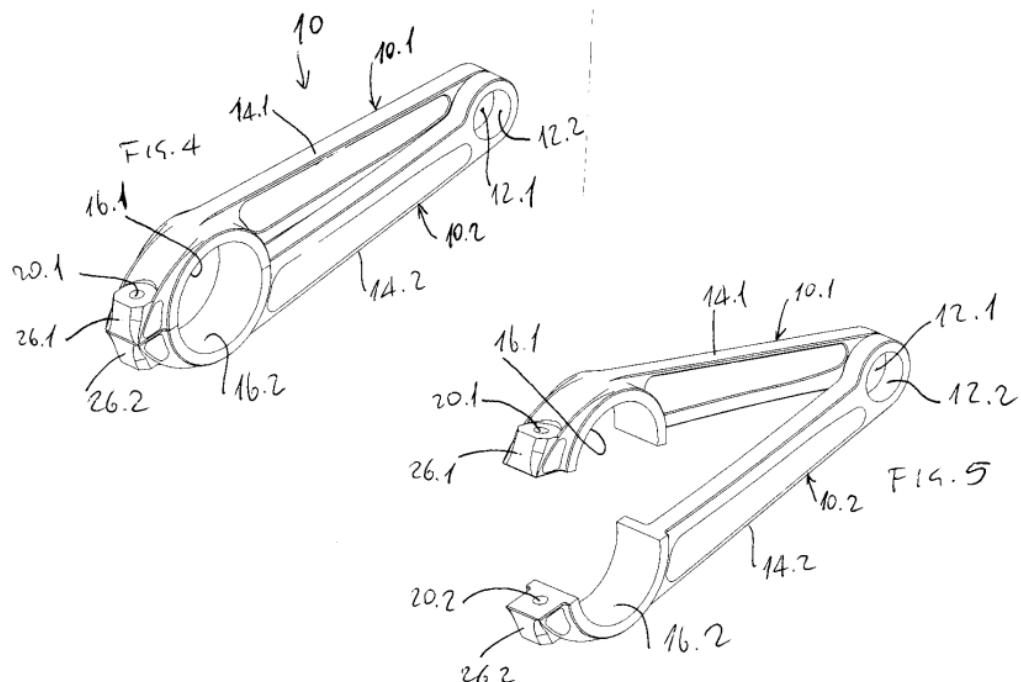
En effet, l'introduction d'une nouvelle substance (la charnière) augmente la complexité du système.

En d'autres termes, la charnière doit être là afin d'assumer le rôle de la transmission des forces entre le grand œil et le reste de la bielle, mais ne doit pas être là afin de réduire la complexité du système.

Avec la même logique que celle suivie dans les étapes 3.1 et 3.2, on suggère d'utiliser des ressources disponibles au lieu d'introduire de nouvelles substances.

Parmi les ressources disponibles identifiées à l'étape 2.3, l'axe du piston peut être utilisé comme pivot de la charnière permettant aux deux parties de la bielle de pivoter lorsqu'elles sont montées sur l'arbre du moteur.

En guise de résultat, le premier design de la bielle est modifié de la manière suivante :



**Fig. 4** – Solution développée grâce à une augmentation de l'utilisation des ressources disponibles. La bielle finale est 12% plus légère que la bielle d'origine et ses vis sous soumises aux charges statiques fondamentales au lieu d'être soumises aux charges alternatives de traction et de compression.

## Conclusions

Les solutions finales ont permis le développement d'une nouvelle génération de bielles pour moteur de course : avec un processus d'assemblage légèrement plus compliqué (en effet, ce domaine particulier constitue un léger inconvénient) un double avantage a pu être atteint : la bielle est 12% plus légère que l'originale grâce à la masse réduite de la zone de fixation de la vis et, grâce à l'absence de charges de fatigue, une vis en acier traditionnel peut être utilisée au lieu d'une vis en alliage spécial.

**Combien de fois avez vous vu un stylo à bille fuir dans une poche ou dans un sac et produire une grosse tache d'encre? La bille de la pointe du stylo laisse passer de l'encre de manière intempestive, produisant ainsi l'effet indésirable. Essayons de résoudre ce problème à l'aide des instruments de TRIZ.**

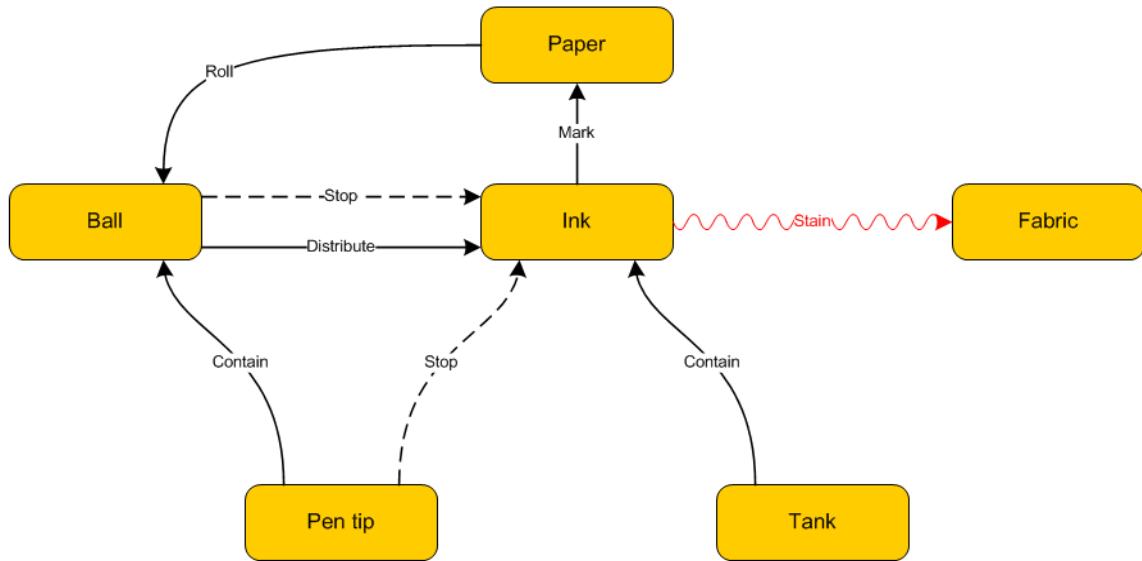
La première étape vers la solution consiste à choisir le vrai problème à résoudre : pour cela, il est utile d'adopter une pensée « système », c'est-à-dire d'utiliser l'Opérateur Système (paragraphe 1.3.3.5). Le point de départ est la définition de la case de référence du schéma qui détermine le niveau de détail et le temps du système et du problème que nous souhaitons décrire, et duquel résultent toutes les autres cases. Le problème est très simple : nous avons un stylo qui salit un habit ou un tissu en général ; cela pourrait être un bon choix pour la case centrale des neufs écrans. La question relative sera : comment les éléments du système, qui sont le stylo et l'habit ou le tissu, peuvent-ils faire en sorte que l'encre ne salit pas ? Les autres cases complétées sont représentées dans la Figure 1.

<p><b>Éléments :</b> Autres stylos, autre tissu, utilisateur, environnement, ...</p> <p><b>Question :</b> Comment d'autres stylos, autres tissus, autres utilisateurs, autre environnement, ... évitent la fuite d'encre ?</p>	<p><b>Éléments :</b> Autres stylos, autre tissu, utilisateur, environnement, ...</p> <p><b>Question :</b> Comment d'autres stylos, autres tissus, autres utilisateurs, autre environnement, ... peuvent-ils éviter que la fuite d'encre n'atteigne les habits ?</p>	<p><b>Éléments :</b> Autres stylos, autre tissu, utilisateur, environnement, ...</p> <p><b>Question :</b> Comment d'autres stylos, autres tissus, autres utilisateurs, autre environnement, ... peuvent-ils éviter que la fuite d'encre ne produise de tache sur les habits ?</p>
<p><b>Éléments :</b> Stylo, tissu</p> <p><b>Question :</b> Comment le stylo et le tissu peuvent-ils éviter la fuite d'encre ?</p>	<p><b>Éléments :</b> Stylo, tissu</p> <p><b>Question :</b> Comment le stylo et le tissu ... peuvent-ils éviter que la fuite d'encre n'atteigne les habits ?</p>	<p><b>Éléments :</b> Stylo, tissu sale</p> <p><b>Question :</b> Comment le stylo et le tissu sale peuvent-ils éviter que la fuite d'encre ne produise de tache sur les habits ?</p>
<p><b>Éléments :</b> Bille, encre, réservoir, pinte, stylo, pointe du stylo, fibres du tissu</p> <p><b>Question :</b> Comment la bille, l'encre, le réservoir, ... peuvent-ils éviter la fuite d'encre ?</p>	<p><b>Éléments :</b> Bille, encre, réservoir, pinte, stylo, pointe du stylo, fibres du tissu</p> <p><b>Question :</b> Comment la bille, l'encre, le réservoir ... peuvent-ils éviter que la fuite d'encre n'atteigne les habits ?</p>	<p><b>Éléments :</b> Bille, encre sortie du stylo, réservoir, pointe, stylo, pointe du stylo, fibres sales du tissu</p> <p><b>Question :</b> Comment la bille, l'encre sortie du stylo, le réservoir, la pointe, peuvent-ils éviter que la fuite d'encre ne produise de tache sur les habits ?</p>

**Fig. 1** : recherche de problèmes connexes : l'Opérateur Système complété

Comme vous pouvez le voir, la colonne « passé », celle des possibilités de prévention, représente le temps avant que l'encre ne sorte de son réservoir ; le problème devient donc : comment conserver l'encre à l'intérieur du réservoir. La colonne « présent » suggère des solutions standard comme l'utilisation d'un capuchon ou une pointe rétractable. Pour ce qui est de la colonne à droite (futur), c'est-à-dire celle de l'atténuation du problème, la question est : comment transformer un problème en un non-problème, de manière que même si l'encre s'écoulait du stylo, elle ne causerait pas d'effet indésirable.

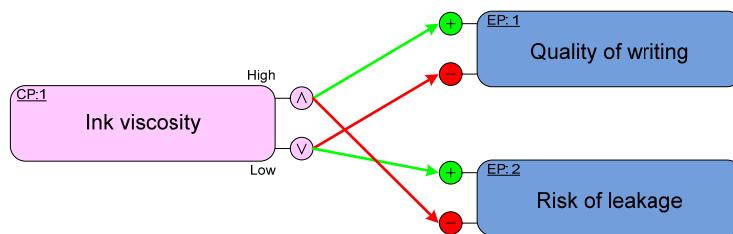
L'étape suivante est de choisir le vrai problème à résoudre : nous pouvons, par exemple, considérer le sous-système « passé » comme le problème de départ car nous souhaitons avoir un grand nombre de sujets capables de le résoudre, et il vaut mieux prévenir un problème que d'essayer de le résoudre une fois qu'il est apparu. Il est donc utile de construire un modèle fonctionnel de la situation initiale.



**Fig. 2** : Modèle fonctionnel décrivant la situation dans le Sous-système de la case « Passé » de l'Opérateur Système

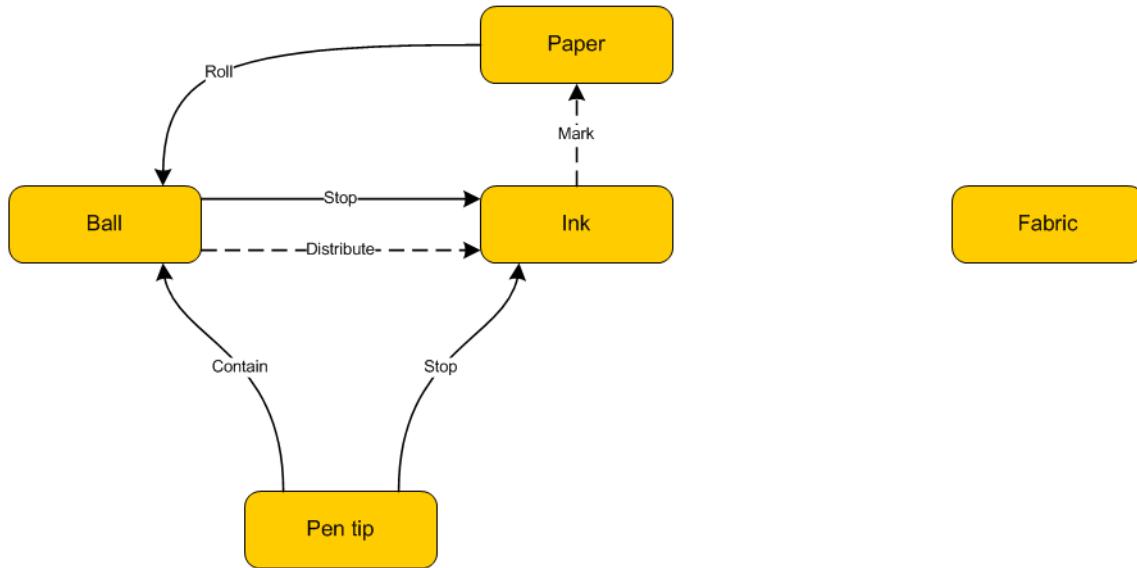
Yellow boxes : Papier – Bille – Encre – Tissu – Pointe du stylo – Réservoir  
 Arrows : roule – stoppe – distribue – marque - tache – contient – stoppe – contient

Comme vous pouvez le voir, il y a trois fonctions critiques : deux fonctions insuffisantes et une fonction nocive, qui est le principal problème à résoudre. À cette étape, nous pouvons formuler le RFI de la situation, en commençant par l'élément qui provoque la fonction nocive, c'est-à-dire l'encre. ARIZ (chapitre 3) suggère que cet élément lui-même, sans détériorer le système, résolve le problème généré au moment requis; dans notre situation spécifique cela donne : l'encre, elle-même, sans détériorer le stylo, évite de sortir du réservoir lorsque l'action d'écriture n'est pas nécessaire. Cela est notre objectif, notre résultat idéal, même si cela peu sembler un peu fantaisiste. Maintenant, nous devons nous demander pourquoi il n'est pas possible d'atteindre le RFI en tenant compte des ressources dont nous disposons, afin de trouver une ou davantage de contradictions à résoudre. Lorsque l'on concentre toute l'attention sur l'encre, on remarque qu'une des causes de la fuite est la fluidité de l'encre : en fait, si l'encre n'était pas liquide, elle ne fuirait pas et ne tacherait pas, mais la fonction principale ne serait plus disponible - ou du moins pas aussi bien que nous souhaitons qu'elle soit. Nous avons une contradiction (voir Fig. 3).



**Fig. 3** : le modèle OTSM de contradiction (paragraphe 5.1.2)  
 Viscosité de l'encre – élevée / faible – qualité de l'écrite / risque de fuite

Nous pouvons également représenter les deux côtés de la contradiction à l'aide d'un modèle fonctionnel afin de voir quel élément et quelles sous-fonctions du système sont impliqués par la modification du paramètre de contrôle.



**Fig. 4 :** Modèle fonctionnel avec le PC « viscosité de l'encre » présentant une valeur opposée à la valeur actuelle

Nous pouvons maintenant essayer de résoudre la contradiction en commençant par définir l'Espace Opérationnel et le Temps Opérationnel. L'Espace Opérationnel peut être considéré comme la somme de la surface externe de la bille, de la surface interne de la pointe, de la quantité d'encre près de la bille, du reste d'encre dans la cartouche et de la surface du papier. Le Temps Opérationnel est la période pendant laquelle la bille roule, c'est-à-dire la période pendant laquelle nous souhaitons écrire, et la période pendant laquelle la bille ne roule pas, c'est-à-dire la période pendant laquelle nous ne souhaitons pas écrire. D'après ARIZ, l'étape suivante est l'exagération du conflit : pour surmonter certaines barrières psychologiques, il est nécessaire de donner au Paramètre de Contrôle des valeurs opposées extrêmes : la viscosité de l'encre doit donc être considérée comme infinie ou égale à zéro. Que signifie une viscosité infinie ? Nous pouvons traduire ce concept en disant que l'encre n'est plus fluide, c'est-à-dire que l'encre est solide. Cela pourrait suggérer l'utilisation d'un crayon au lieu d'un stylo. À l'inverse, nous devons imaginer une viscosité très faible, quasiment nulle, c'est-à-dire un gaz. Nous pouvons imaginer un mélange d'alcool transparent et de particules solides : l'alcool s'évapore en contact avec l'air et les particules solides créent un bouchon dans la pointe pour stopper le reste de l'encre.

D'autres solutions pourraient être suggérées grâce à l'application des Principes de Séparation (paragraphe 5.3). Commençons par la séparation dans le temps. Est-il vrai qu'une valeur élevée de viscosité est nécessaire pendant tout le temps opérationnel, et qu'une valeur faible de viscosité est nécessaire pendant tout le temps opérationnel ? La réponse est évidemment « non ». Donc, nous pouvons appliquer le principe de séparation. Nous voulons une valeur élevée de viscosité de l'encre lorsque la bille ne roule pas afin d'empêcher une fuite accidentelle d'encre, et nous voulons une valeur faible de viscosité de l'encre lorsque la bille roule, c'est-à-dire que le stylo écrit. Des idées ? Continuons ...

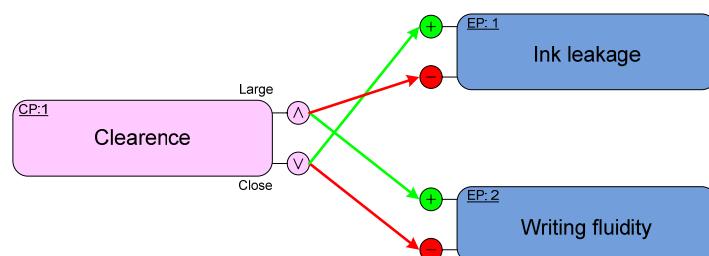
Pour appliquer la séparation dans l'espace, nous devons également répondre « non » à la

question suivante : est-il vrai qu'il nous faut une valeur élevée de viscosité de l'encre dans tout l'espace opérationnel, et une valeur faible de viscosité de l'encre dans tout l'espace opérationnel ? Cette fois-ci, la réponse est « oui ». Donc, nous ne pouvons pas séparer dans l'espace. Le troisième principe est celui de la séparation définie par une condition : dans quelle condition voulons-nous une viscosité élevée de l'encre, et dans quelle condition voulons-nous une viscosité faible ? Si le stylo écrit, c'est-à-dire que le stylo bouge, il nous faut une faible viscosité de l'encre, alors que si le stylo est immobile, la viscosité doit être élevée. Est-il possible de changer la viscosité avec le mouvement ? Si l'on observe la Base de Données des Effets, un outil de la Base de Connaissances de TRIZ, on peut découvrir que certains fluides présentent une propriété appelée « tixotropie » : sous une contrainte d'énergie cinétique, la viscosité du fluide diminue, et elle augmente à nouveau lorsque le fluide est immobile. Dans la vie courante, nous utilisons de nombreuses substances présentant cette propriété : dentifrice, miel, ketchup et même peinture. Bien que cette solution puisse sembler étrange, une des marques connues de stylos à bille utilise ce type d'encre (voir figure 5).



**Fig. 5 :** le fameux stylo avec l'encre tixotropique

Si nous observons à nouveau le modèle fonctionnel présenté dans la Figure 2, sur le côté gauche se trouvent deux fonctions insuffisantes : la bille et la pointe n'arrêtent pas suffisamment l'encre. Pourquoi ? Quels Paramètres de Contrôle sont responsables de cet échec ? Entre autres, un Paramètre de Contrôle, qui pourrait être identique pour les deux fonctions, est l'espace entre la pointe du stylo et la bille : si cet espace est trop grand, l'encre fuit même si le stylo n'est pas en train d'écrire. Mais que se passe-t-il si cet espace est trop petit ? L'encre ne sort plus et la bille n'est certainement plus capable de distribuer suffisamment d'encre lorsque cela est nécessaire, et l'écriture est donc moins fluide. Nous avons donc une contradiction, représentée par la Figure 6.

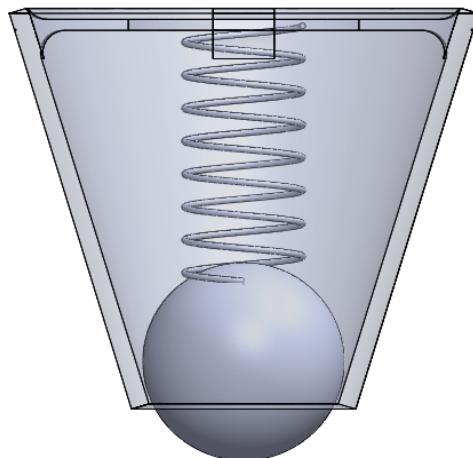


**Fig. 6 :** la représentation OTSM de la contradiction

Espace – grand / fermé – fuite d'encre / fluidité de l'écriture

Comme nous l'avons vu auparavant, nous devons définir l'Espace Opérationnel et le Temps Opérationnel de la contradiction : le premier est la somme de la surface interne de la pointe du stylo et de la surface externe de la bille ; le second, l'Espace Opérationnel, peut être considéré comme la somme de la période pendant laquelle la bille roule et de la période lorsque la bille est immobile. L'étape suivante est l'exagération du conflit : comment est-il possible d'écrire lorsque la bille est collée sur la pointe (espace équivalent à zéro) ? Ou bien, comment pouvons-nous imaginer un espace très grand entre la bille et la pointe ? Nous pouvons, par exemple, réduire directement la bille et laisser le canal dans la pointe complètement ouvert. Essayez de trouver quelques solutions en partant de ces suggestions.

Les Principes de Séparation sont également un outil utile pour résoudre la contradiction. Le premier principe concerne le temps : est-il vrai que l'espace doit être grand et fermé pendant tout le temps opérationnel ? La réponse est « non », car nous avons besoin d'avoir un grand espace lorsque la bille roule, c'est-à-dire lorsque le stylo écrit, et un espace fermé lorsque la bille est immobile. Comment pouvons-nous effectuer cette séparation ? Par exemple, si un ressort est placé derrière la bille et que l'utilisateur appuie le stylo sur le papier, la bille recule créant ainsi un espace plus grand ; à l'inverse, lorsque le stylo n'est pas utilisé, le ressort pousse la bille contre le cône de la pointe du stylo, refermant ainsi l'espace de manière à bloquer l'encre (voir Fig. 7).



**Fig. 7 :** un modèle schématique de la solution proposée

Un tel concept préliminaire peut être approfondi en déterminant, à l'aide d'une approche d'Opérateur Système, quelles ressources sont disponibles immédiatement au sein du système et peuvent jouer le rôle du ressort (par ex. grâce à l'élasticité interne ?).

Pour appliquer le deuxième principe de séparation (c'est-à-dire la séparation dans l'espace), la question « est-il vrai que nous voulons un espace grand et ouvert dans tout l'espace opérationnel ? » doit entraîner une réponse négative. Dans ce cas, cependant, la réponse est « oui » ; nous ne pouvons donc pas appliquer le principe de séparation.

Nous ne pouvons pas non plus appliquer le troisième principe de séparation, car il n'existe pas de condition différente pour laquelle il est plus intéressant d'avoir un grand espace qu'un espace fermé.

Le quatrième principe est celui du niveau de système, ou de la transition du macro-niveau au micro-niveau : comment pouvons-nous avoir un grand espace au niveau macroscopique et un

petit espace au niveau microscopique ? Ou, mieux encore, dans l'autre sens : pouvons-nous avoir un espace fermé au niveau macro et un grand espace au niveau micro ? Une façon d'atteindre cette situation est d'avoir une bille conçue comme une balle de golf, c'est-à-dire une bille présentant une surface avec des cavités : le diamètre de la bille ferme tout espace entre la bille et la pointe du stylo, empêchant ainsi toute fuite, mais lorsque la bille roule, les cavités transportent l'encre du réservoir vers le papier de sorte que le stylo écrive normalement.



**Fig. 8** : la solution suggérée – une coupe de la pointe et de la bille présentant les caractéristiques d'une balle de golf

*Nous sommes en hiver, à proximité d'un petit village au sommet d'une montagne. La nuit, l'air y est très froid et la température tombe en-dessous de 0°C. Dans ces conditions, l'humidité de l'air gèle et tout finit par être recouvert de glace, y compris les lignes à haute tension. Par ailleurs, il arrive qu'il neige, et que de la neige s'accumule sur les lignes. Si la neige fond sous l'action du soleil, la nuit, elle se transforme en glace. Jour après jour, la couche de glace s'épaissit et son poids exerce une pression sur les lignes, qui peuvent ainsi se casser. Si cela arrive, les habitants du village se retrouvent sans électricité dans leur maison jusqu'à ce que les dégâts soient réparés. Il faut donc trouver une solution pour la société qui fournit le courant électrique.*



**Fig. 1 :** Lignes électriques recouvertes de neige

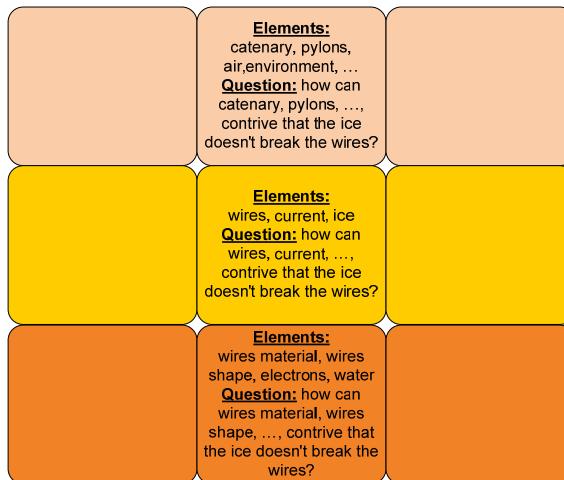
*La première solution proposée consistait à augmenter le diamètre des fils de cuivre. Mais il est bien connu que le cuivre est cher, et il aurait été nécessaire de remplacer la ligne électrique dans son intégralité. Une autre solution consisterait à enterrer toutes les lignes afin de les protéger, ou encore de doubler le nombre de pylônes, mais un petit village ne pourrait se permettre ces investissements.*

*Un des techniciens suggère d'exploiter la chaleur générée par effet de Joule par les câbles ; cependant, il serait nécessaire d'augmenter l'intensité du courant, ce qui impliquerait une augmentation de la consommation électrique.*

*Une solution non-standard doit être trouvée ! Suivons un processus de résolution de problème selon TRIZ.*

Lorsque l'on ne sait pas clairement comment résoudre un problème ou quel est le problème à résoudre, le premier outil TRIZ à utiliser est l'Opérateur Système (paragraphe 1.3.3.5). Ce dernier permet de choisir le bon problème à résoudre en analysant la situation initiale d'un point de vue temporel ou dans le cadre d'une chaîne cause-effet. Nous devons commencer par définir la case de référence (système présent). Le niveau de détail ou la fourchette temporelle choisis comme case de départ ne sont pas importants, mais il est extrêmement important de réaliser une analyse consistante lors de la recherche de problèmes connexes dans les autres cases.

Nous avons le problème initial: une grande quantité de glace se forme sur les câbles électriques et cela provoque l'endommagement des câbles. Nous pouvons choisir cette scène comme case centrale de notre opérateur système, et les éléments à lister ne seront que les câbles, la glace et le courant. Et nous devons réfléchir à cette question : comment les éléments du « système présent » peuvent-ils agir contre l'action nocive de la glace sur les câbles ? Nous pouvons maintenant compléter le schéma, tel que représenté dans la Figure 2.



**Fig. 2 :** recherche de problèmes connexes : colonne « présent » de l'Opérateur Système

Eléments : caténaire, pylône, air, environnement ... Question : comment la caténaire, les pylônes ... peuvent-ils faire en sorte que la glace ne casse pas les câbles ?

Eléments : câbles, courant, glace ... Question : comment les câbles, le courant ... peuvent-ils faire en sorte que la glace ne casse pas les câbles ?

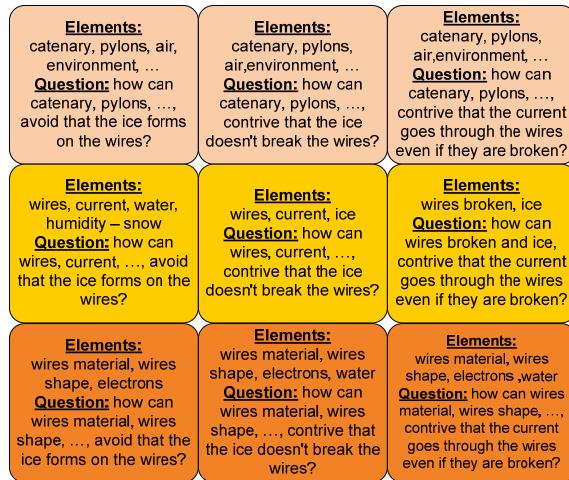
Eléments : matériaux des câbles, forme des câbles, électrons, eau ... Question : comment les matériaux des câbles, la forme des câbles ... peuvent-ils faire en sorte que la glace ne casse pas les câbles ?

Souvenez-vous que toutes les cases d'une même colonne sont caractérisées par un « cadre temporel » identique, tandis que les cases sur une même ligne représentent le même niveau de système. Il est judicieux de se souvenir que chaque colonne se caractérise par le même problème / la même question, alors que les sujets, c'est-à-dire les ressources, changent.

Concentrer son attention sur une colonne du côté gauche de la matrice (passé) équivaut à considérer les possibilités de prévention : le temps des cases de gauche correspond au moment où la grande quantité de glace n'est pas encore formée, et se trouve sous forme d'eau, de neige, d'humidité ou d'une fine couche de glace.

À l'inverse, se concentrer sur la colonne de droite de la matrice (futur) équivaut à admettre que le problème de la colonne « présent » n'a pas été résolu, et qu'une approche compensatrice doit être envisagée à l'avenir. Dans ce cas, c'est-à-dire dans la colonne de droite, on suppose que la glace a cassé les câbles.

Par conséquent, des problèmes différents / spécifiques sont associés aux différentes cellules de la matrice de l'Opérateur Système. La Figure 3 représente le schéma complété. Il vaut la peine de noter qu'en général l'Opérateur Système peut se composer de plus de 9 cases puisque chaque système peut être divisé en sous-système, que chaque cadre temporel a un passé et un futur, etc. On suggère de stopper l'analyse lorsque les tâches sortent du cadre du travail / du rôle de la personne chargée de résoudre le problème (par ex. comment éviter les changements météorologiques?).



**Fig. 2 :** recherche de problèmes connexes : colonne « présent » de l'Opérateur Système

Row 1 :

- Eléments : caténaire, pylône, air, environnement ... Question : comment la caténaire, les pylônes ... peuvent-ils éviter que de la glace ne se forme sur les câbles ?
- Eléments : caténaire, pylône, air, environnement ... Question : comment la caténaire, les pylônes ... peuvent-ils faire en sorte que la glace ne casse pas les câbles ?
- Eléments : caténaire, pylône, air, environnement ... Question : comment la caténaire, les pylônes ... peuvent-ils faire en sorte que le courant passe dans les câbles même si ces derniers sont cassés ?

Row 2 :

- Eléments : câbles, courant, eau, humidité - neige ... Question : comment les câbles cassés, la glace ... peuvent-ils éviter que de la glace ne se forme sur les câbles ?
- Eléments : câbles cassés, glace ... Question : comment les câbles, le courant ... peuvent-ils faire en sorte que la glace ne casse pas les câbles ?
- Eléments : câbles, courant, glace ... Question : comment les câbles, le courant ... peuvent-ils faire en sorte que le courant passe dans les câbles même si ces derniers sont cassés ?

Row 3 :

- Eléments : matériaux des câbles, forme des câbles, électrons, eau ... Question : comment les matériaux des câbles, la forme des câbles ... peuvent-ils éviter que de la glace ne se forme sur les câbles ?
- Eléments : matériaux des câbles, forme des câbles, électrons, eau ... Question : comment les matériaux des câbles, la forme des câbles ... peuvent-ils faire en sorte que la glace ne casse pas les câbles ?
- Eléments : matériaux des câbles, forme des câbles, électrons, eau ... Question : comment les matériaux des câbles, la forme des câbles ... peuvent-ils faire en sorte que le courant passe dans les câbles même si ces derniers sont cassés ?

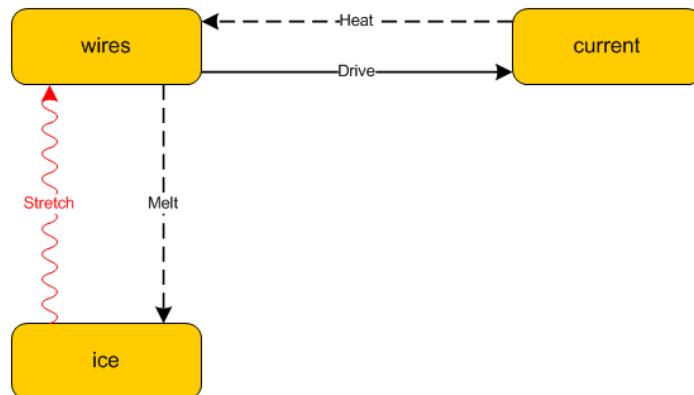
Nous devons maintenant choisir entre neuf (peut-être davantage) de problèmes spécifiques, tous visant à atteindre le même but final : fournir aux habitants du petit village sur la montagne un service régulier de courant électrique.

Prenons la case centrale comme point de départ :

Afin de mieux comprendre comme le système fonctionne, et comment le problème apparaît, il est utile de créer un modèle fonctionnel du système avec les conditions de fonctionnement correspondant à la case sélectionnée de l'Opérateur Système.

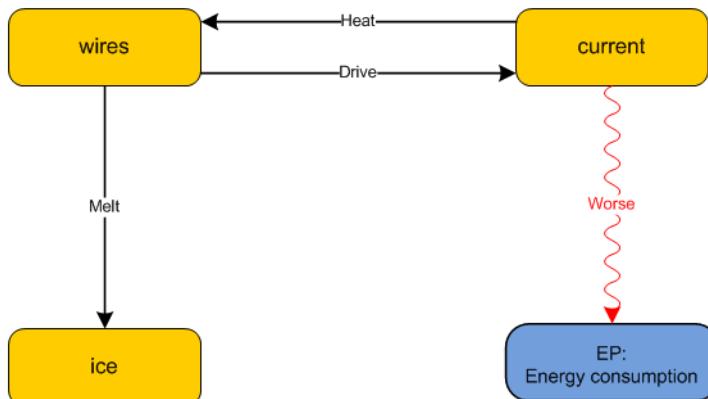
Dans ce cas, le modèle sera très simple car nous n'avons que quelques éléments. Nous devons commencer par représenter la fonction utile (f.u.) du système : les câbles transmettent ou conduisent le courant. Ensuite, nous pouvons ajouter tous les autres éléments présents qui participent à la f.u. ou sont des conséquences de la f.u., et enfin les éléments qui produisent ou participent à la fonction nocive, c'est-à-dire à l'endommagement des câbles par la neige. Lorsque

nous avons listé tous les éléments, nous devons considérer toutes les actions que réalisent les uns par rapport aux autres. Le résultat est représenté dans la Figure 4.



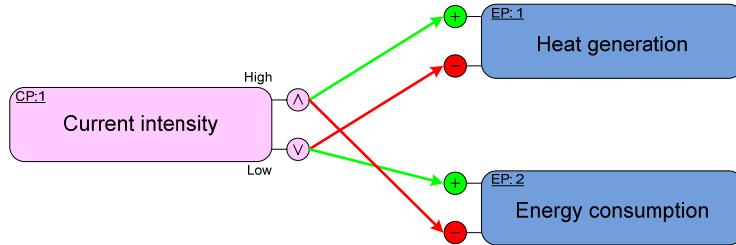
**Fig.4 :** Modèle fonctionnel décrivant la situation dans la case « Système Présent » de l'Opérateur Système.  
Câbles – chauffent – conduisent – courant - étirent – font fondre – glace

Afin d'éviter que la glace ne fasse céder les câbles électriques, nous pouvons utiliser la chaleur générée par le courant, même si elle n'est pas suffisante pour faire fondre la glace. Nous pouvons donc imaginer d'augmenter l'intensité du courant afin d'augmenter l'effet de Joule, et donc la température sur les câbles. Nous devons créer un modèle fonctionnel avec l'hypothèse qu'un courant de forte intensité passe dans les câbles (figure 5).



**Fig. 5 :** Modèle fonctionnel du système lorsque qu'un courant de forte intensité est appliqué au câble électrique  
Câbles – chauffent – conduisent – courant – pire – PE : consommation énergétique  
- font fondre – glace

Comme nous pouvons le voir dans la figure 5, un courant de forte intensité n'entraîne pas de fonction nocive directe sur un élément, mais entraîne simplement la détérioration d'un Paramètre d'Évaluation. Nous avons donc une contradiction : en fait, si l'intensité du courant présente une intensité élevée, le problème de la glace est résolu, mais une fonction nocive apparaît du point de vue de la consommation d'énergie ; en outre, si le courant électrique est faible, la chaleur générée par effet de Joule n'est pas suffisante pour faire fondre la glace. Le modèle de cette contradiction est représenté dans la figure 6.



**Fig. 6 :** le modèle OTSM d'une contradiction (paragraphe 5.1.2)

Intensité du courant – génération de chaleur - consommation énergétique

D'après les étapes suggérées par ARIZ (chapitre 3), la Zone Opérationnelle et le Temps Opérationnel doivent être identifiés.

La Zone Opérationnelle peut être considérée comme la somme des surfaces externes des câbles, les surfaces de glace en contact avec ces surfaces et la section des câbles dans lequel passe le courant. Le Temps Opérationnel est l'intervalle pendant lequel la glace exerce une pression sur les câbles, pendant lequel la glace commence à se former et pendant la transmission du courant électrique.

Conformément aux explications du Paragraphe 5.3 du manuel TETRIS, nous pouvons maintenant appliquer les Principes de Séparation pour résoudre la contradiction physique. La première séparation est la séparation dans le temps. Nous pouvons appliquer ce principe s'il est possible de répondre par la négative à la question suivante : est-il vrai que nous voulons une forte intensité de courant pendant tout le temps opérationnel, et que nous voulons une faible (normale) intensité de courant pendant toute le temps opérationnel ? Ici, il est clair que la réponse est « non » !

En fait, nous avons besoin de courant supplémentaire uniquement quand la glace exerce une pression sur les câbles, et de courant normal le reste du temps. Quelles ressources du super-système sont directement disponibles pour changer l'intensité du courant en fonction de la tension mécanique sur les câbles ? Un nouveau problème apparaît par ailleurs : comment est-il possible de mesurer la tension mécanique ou une surcharge sur les câbles indiquant qu'il faut changer l'intensité électrique ? Des solutions possibles peuvent être trouvées en utilisant la Classe 4 des Solutions Standard (chapitre 4).

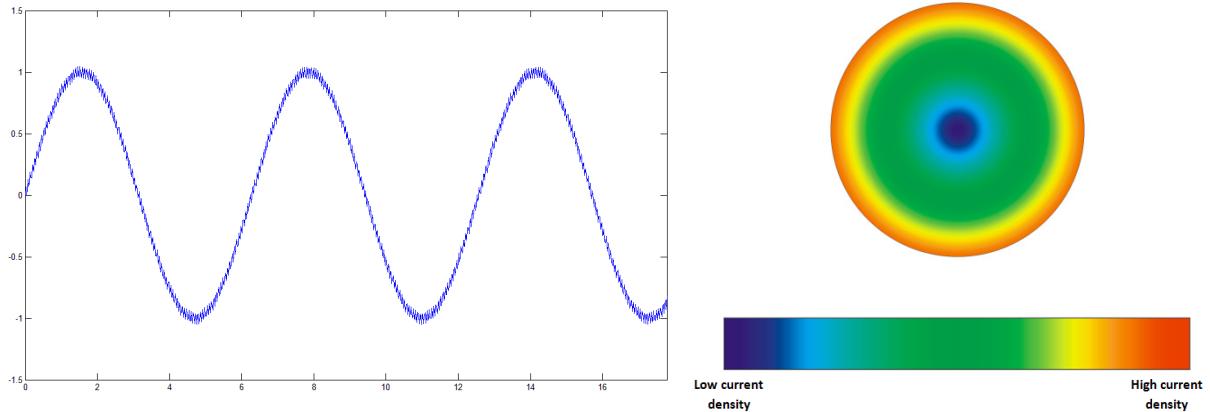
Le deuxième principe pour surmonter les contradictions physiques est la séparation dans l'espace. Comme pour le principe précédent, ce principe est adéquat dans la situation spécifique si la réponse suivante entraîne une réponse négative : est-il vrai que nous voulons une valeur élevée de courant dans toute la zone opérationnelle et que nous voulons une valeur faible de courant dans toute la zone opérationnelle ?

En fait, une valeur élevée de courant n'est requise que sur la surface des câbles pour les chauffer et pour faire fondre la glace, tandis qu'une valeur normale (faible) de courant est nécessaire dans le reste de la section des câbles pour alimenter le village et éviter le gaspillage d'énergie. Quel type de ressources avons-nous dans le système, ou quels types de ressources sont facilement accessibles dans le super-système, pour créer une valeur différente de densité de courant sur la surface des câbles et dans leur section interne ?

Si les connaissances de la personne / de l'équipe ne sont pas suffisantes pour répondre à ce type de question, nous pouvons recourir à un autre outil de la base de connaissance de TRIZ, la Base de Données des Effets (paragraphe 5.6.4) dans laquelle nous pouvons trouver l'effet de peau ou de surface selon lequel lorsque le courant alternatif présente une fréquence élevée, sa densité près de la surface du câble est plus importante qu'en son cœur.

# tETRIS

Nous pouvons ainsi chauffer les câbles uniquement à l'endroit où nous le souhaitons tout en évitant une consommation excessive d'énergie en superposant un courant haute fréquence et basse intensité sur le courant électrique habituel de 50-60Hz.



**Fig. 7** : à g. – la principale courbe sinusoïdale du courant alternatif avec la superposition du courant additionnel de haute fréquence ; à d. – la répartition de la densité du courant dans la section du câble