

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 pouvoir 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 cherchez 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, 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 son utilisation 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 incluse 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.

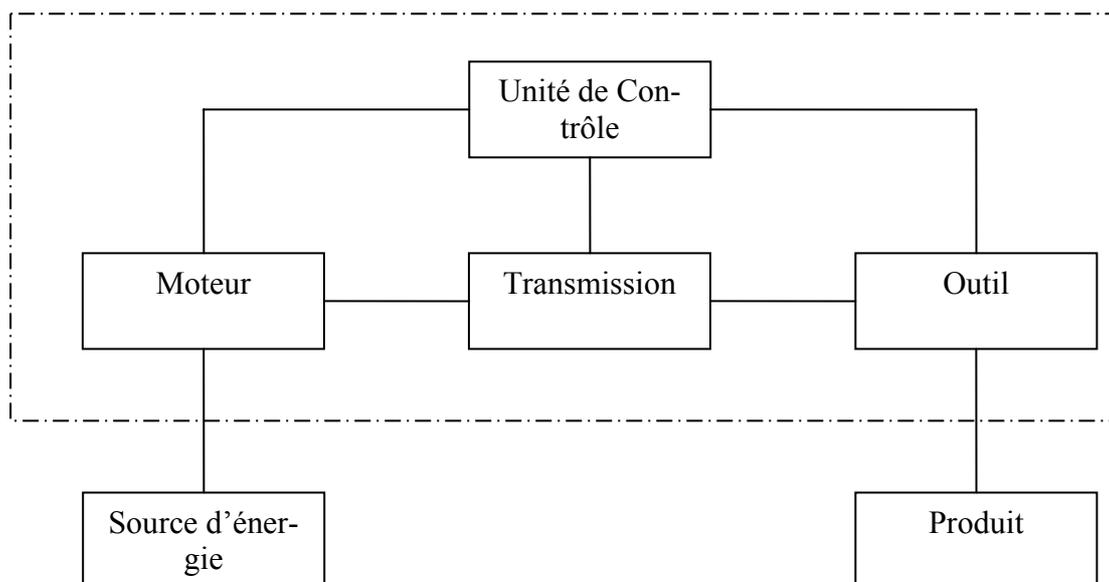


Fig. 1.1. Les parties principales d'un système technique

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** (« manager », « 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 a 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'« Élément »; 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-fini (Produit 1) en produit prêt à être utilisé (Produit 3) dans un autre système ou à être appliqué 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.

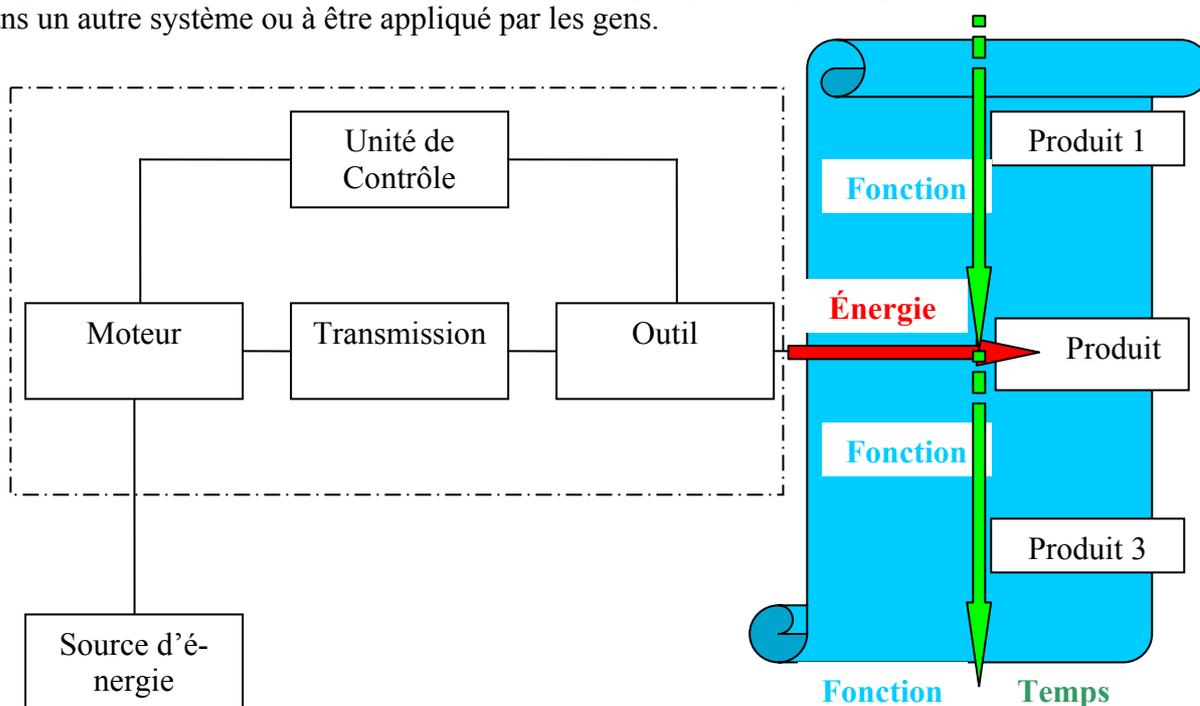


Fig. 1.2. Transformation du Produit 1 en Produit 3

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^{ème} 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 schématisant 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 le 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^{ème} 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 OTCM-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 fabricant 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

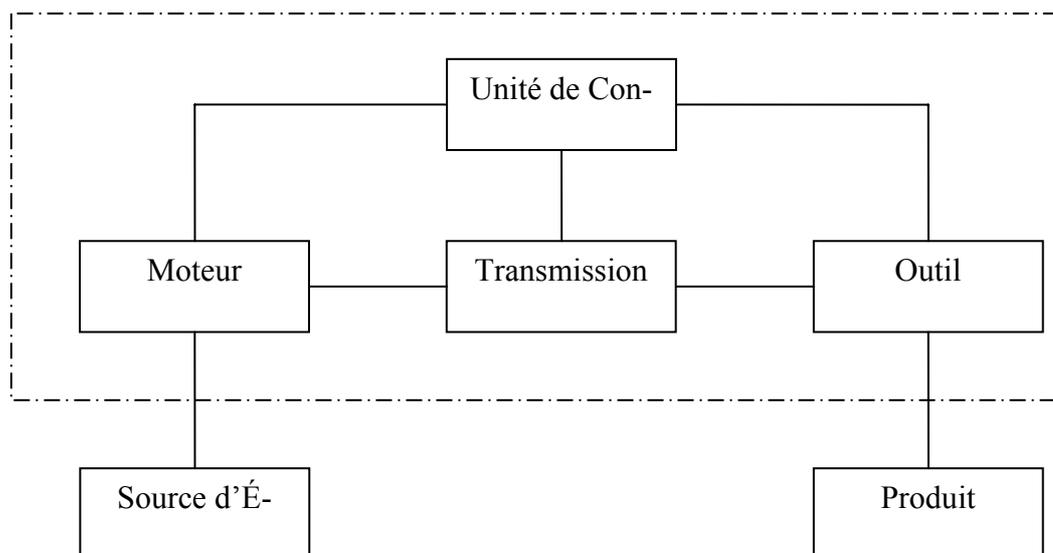


Fig. 2.1. Les parties principales d'un système technique.



2.2.3.2 Exemple 2.2 (le haut-parleur de Soko-lov) – 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).

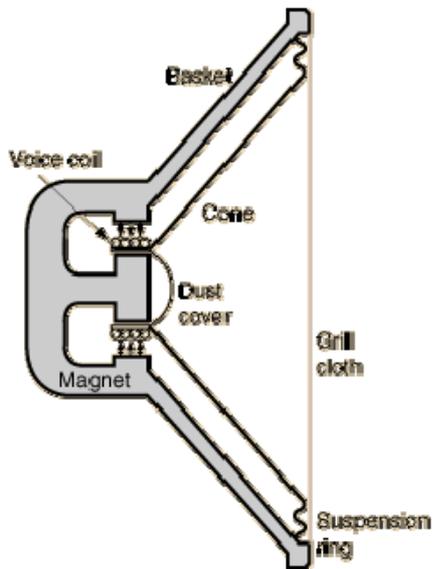


Figure 2.2. Coupe transversale d'un haut-parleur

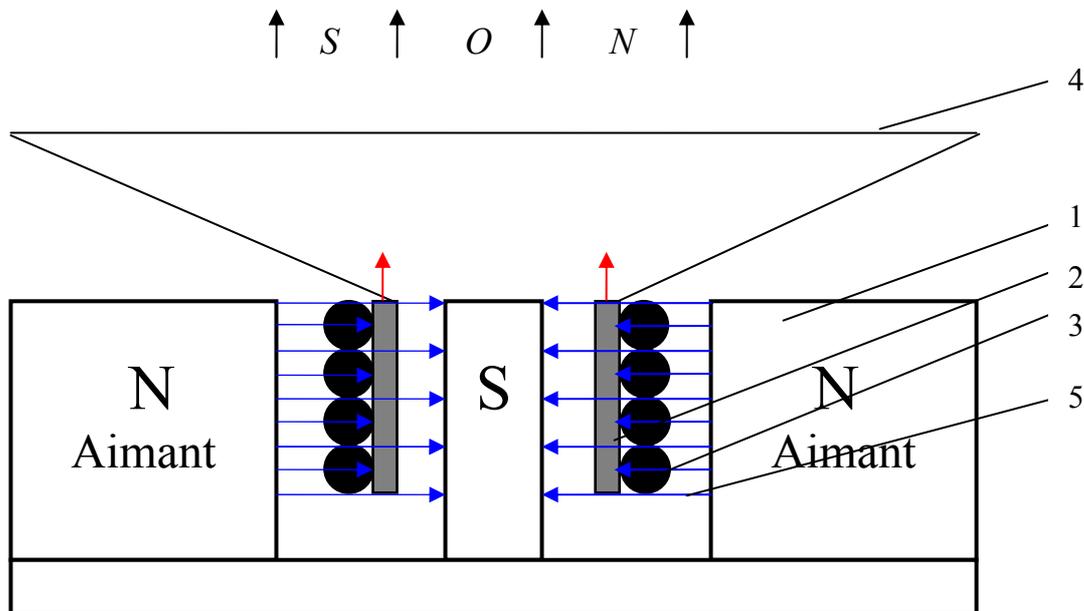


Figure 2.3. Coupe transversale de la chaîne magnétique d'un haut-parleur

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.

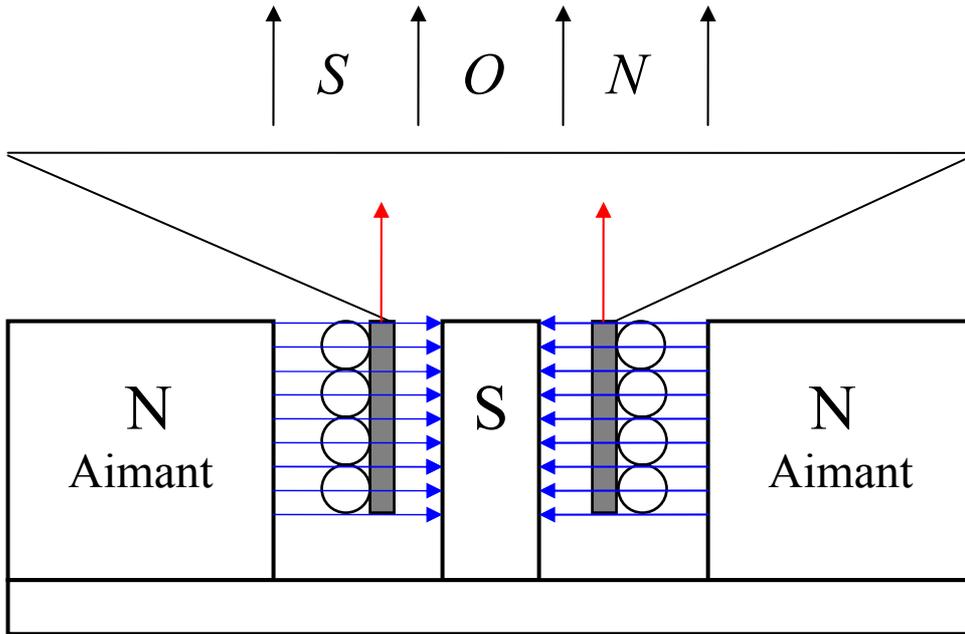


Figure. 2.4. Coupe transversale de la chaîne magnétique d'un haut-parleur

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

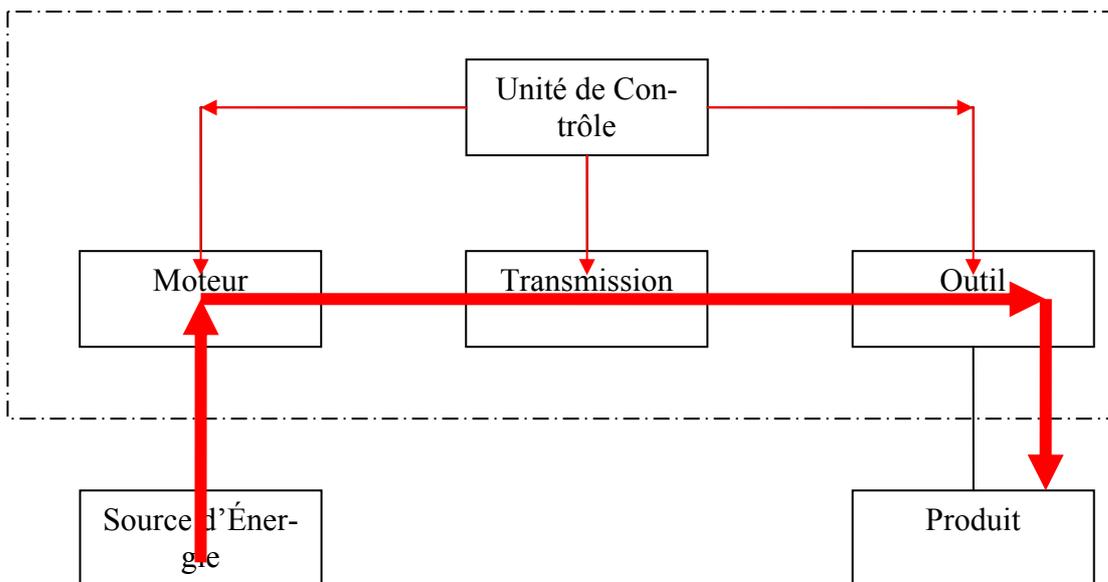


Figure. 2.5. Conductibilité électrique du modèle à quatre éléments

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.

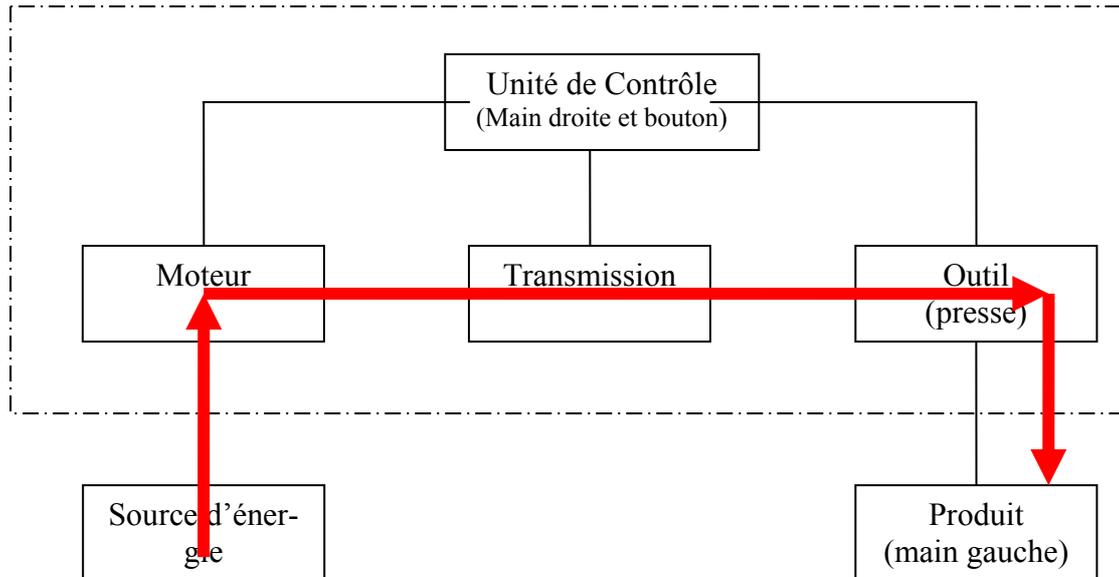


Figure 2.6.

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.

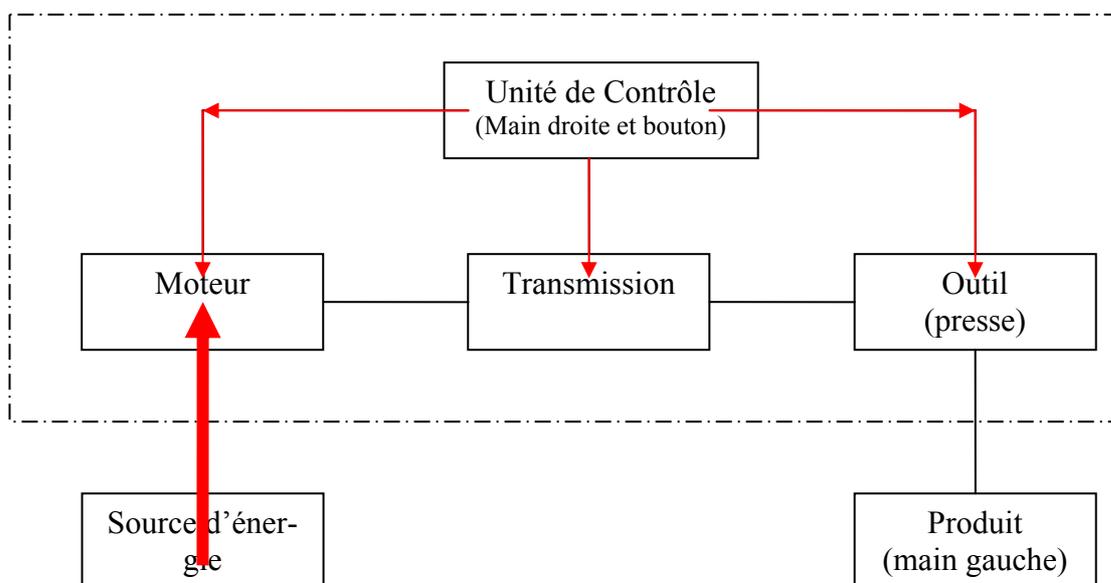


Figure 2.7.

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).

Source d'énergie → Moteur → → → Main gauche → Outil (presse) → Produit (+ main)

Source d'énergie → Moteur → → Main droite → Main gauche → → Outil (presse) → Produit

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 attirant 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.

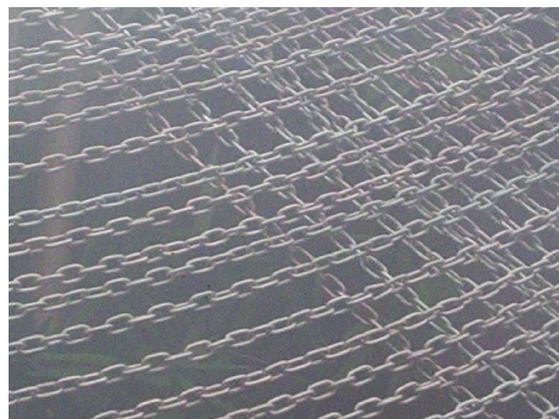


Fig. 2.9.

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



2.3: 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 rappelle 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'autres 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.

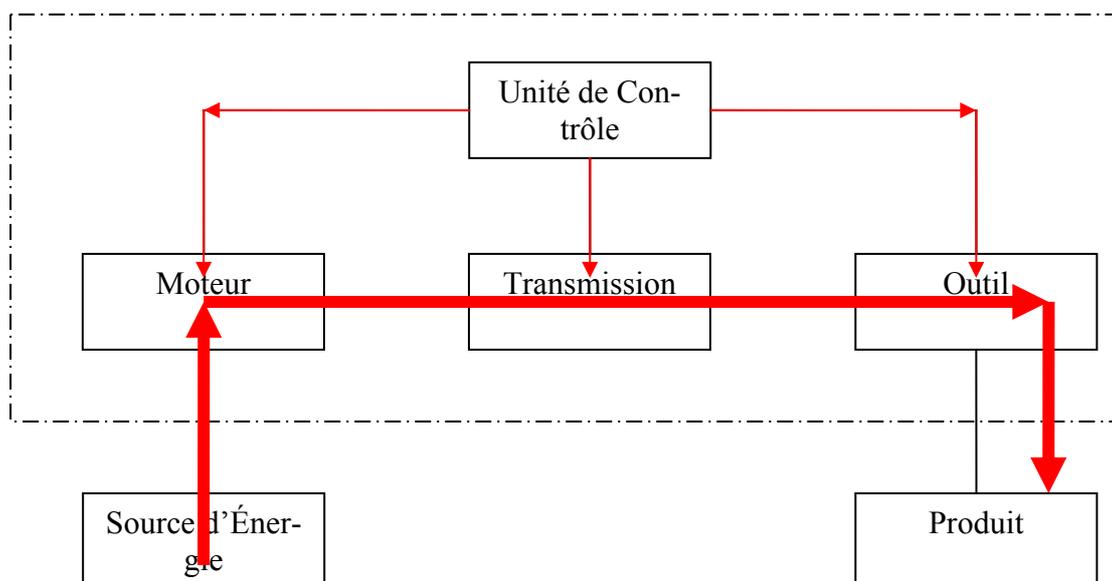


Fig. 3.1.

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 pince), 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.

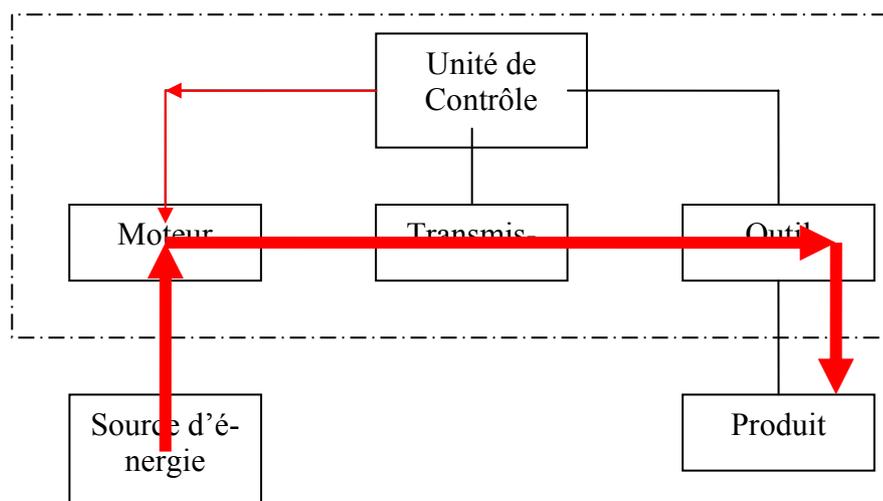


Fig. 3.2.

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 »).

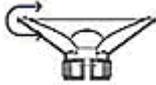


Fig. 3.4.

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.

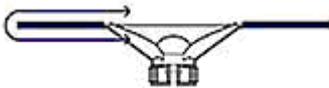


Fig. 3.5.

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.

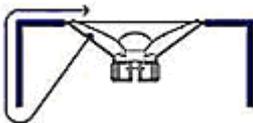


Fig. 3.6.

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

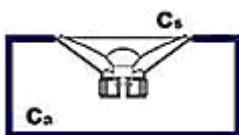


Fig. 3.7

Mais un autre problème est apparu. Les fréquences basses commencent 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

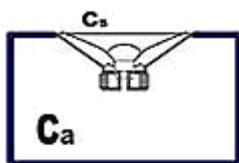


Fig. 3.8.

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 m².

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^{ème} 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/>)

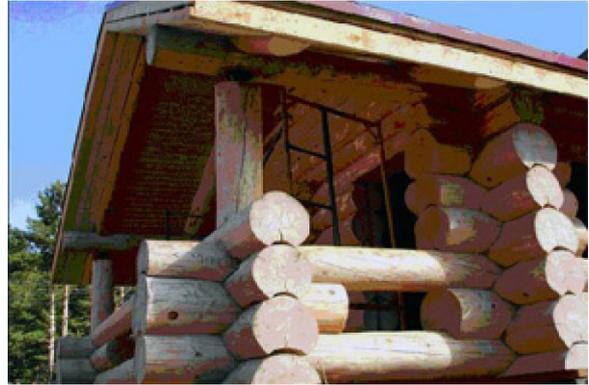


Fig. 3.10. L'extrémité des rondins
(source: www.lesoryb.ru)

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.

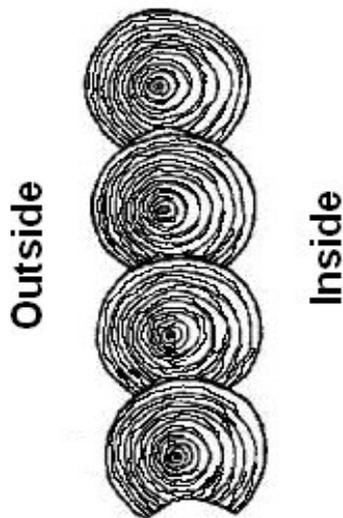


Fig. 3.11. Orientation des rondins



Fig. 3.12. Les extrémités des rondins
(source: www.lesoryb.ru)

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 goutent 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 DÉ-SACCORD 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 limitée 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 crée 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^{ème} 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^{ème} 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.

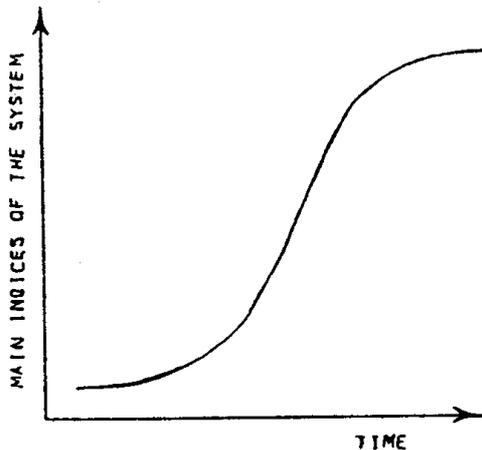
Le Résultat Final Idéal (RFI)

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.

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.

Fig.4.1 Courbe en S.

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^{ème} 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.

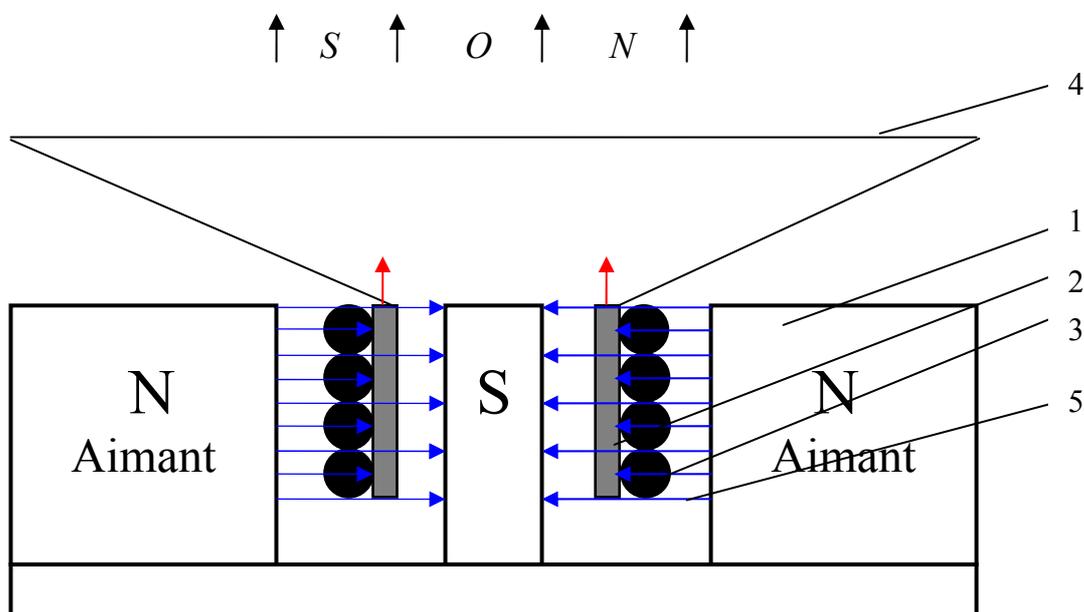


Figure 4.2.

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.

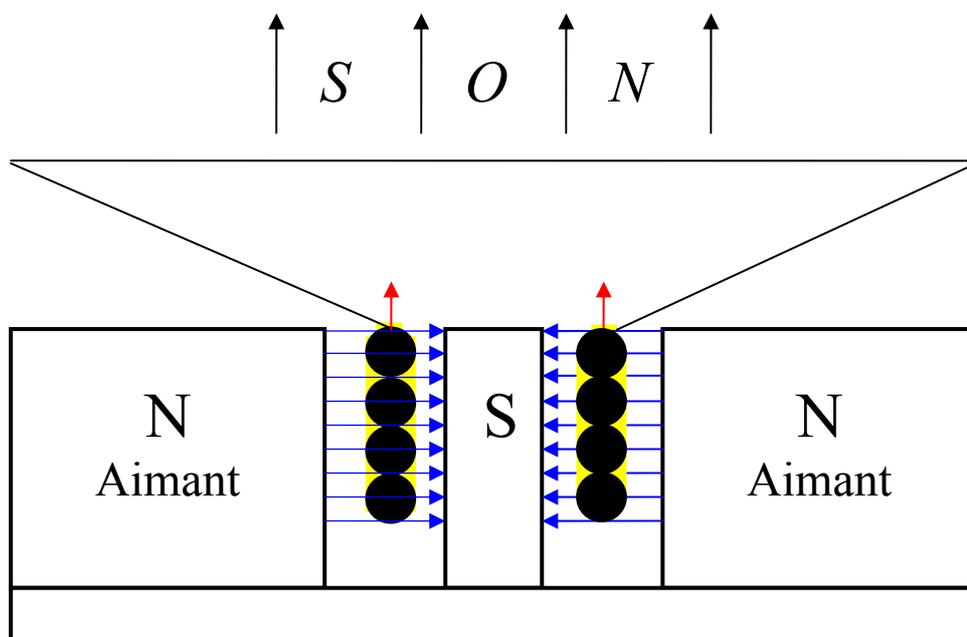


Fig. 4.3.

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'avaient 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 transfère 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^{ème} 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).



2.5 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 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 ».

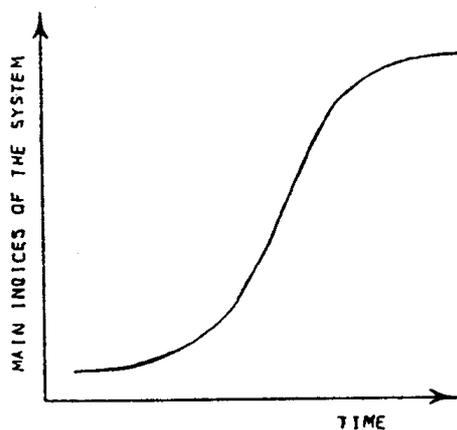
Si nous poursuivons l'illustration de l'exemple avec le développement du système technique « train », nous observons la chose suivante : pour développer un système technique, il est important de formuler correctement sa fonction. Cela implique également de définir les limites de variation du système 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 inégale en raison du développement inégal de ses parties.

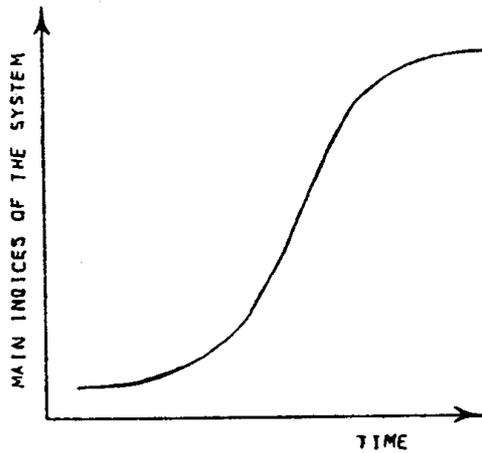
Pendant l'« Enfance » (segment 1), un système technique se développe lentement. Généralement, ce stade de développement coïncide avec le stade de la « Maturité » ou de la « Vieillesse » du système précédent (Fig. 5.4). Un nouveau système est encore faible ; ses paramètres peuvent être moins bons que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

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).

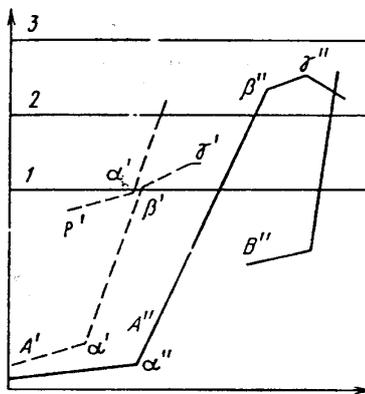


Fig. 5.4.

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

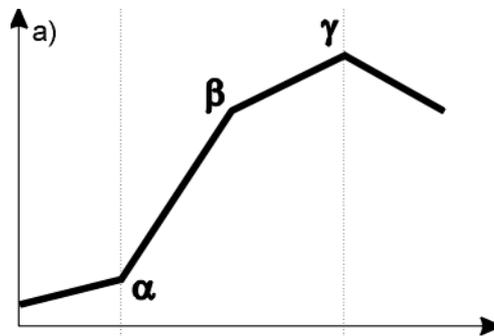


Fig. 5.5. Performance – Utilisation

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).

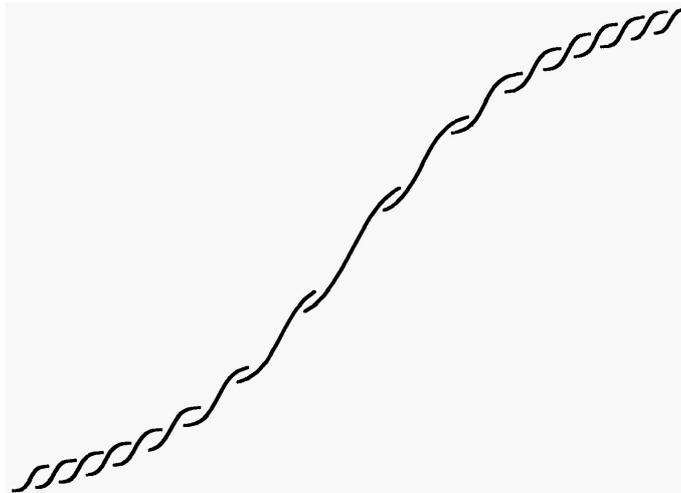


Fig. 5.6. Courbe en S faite d'autres courbes en S qui représentent des sous-systèmes. L'axe horizontal représente le temps.

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 contraignante, 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 broser 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-



loppement 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.



2.6 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 techniques 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.

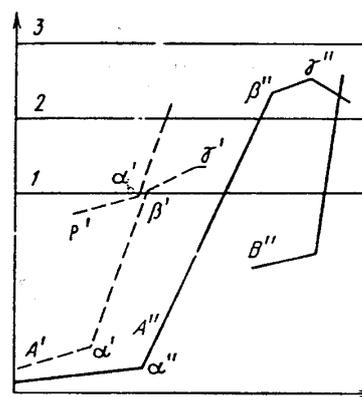


Fig. 6.2

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 fixées 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,



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 séparée.



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.

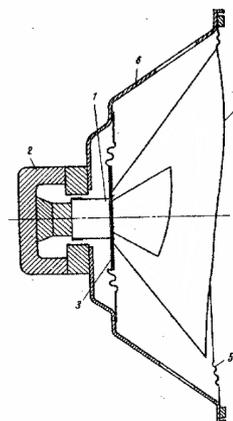


Fig. 6.3



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.

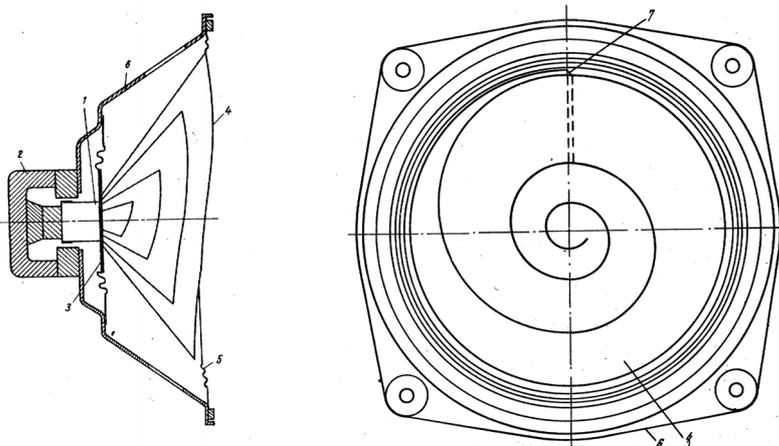


Fig. 6.4.

L'inventeur G. I. Gelfenstein élaborera 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'Archimède 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-spire 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 était 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. Roosinck, “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 est posé :

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





2.8 : 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, consciemment, 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 :

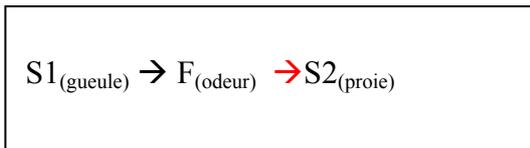


Fig. 8.1

Solution :

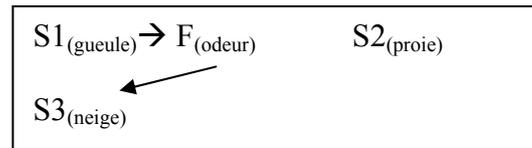


Fig. 8.2

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 expliqué 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).

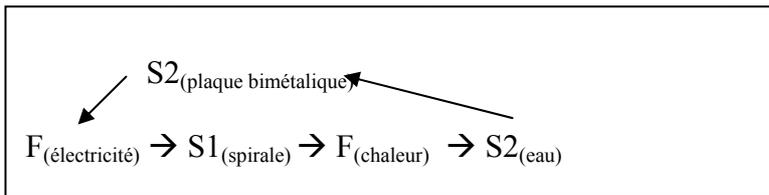


Fig. 8.3

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(gueule d'un loup) → F(odeur) → S2(proie)

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(odeur) → S2(proie)

Il est nécessaire de construire un Su-field en introduisant un nouveau champ ou une nouvelle substance :

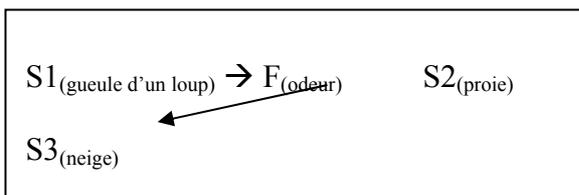


Fig. 8.4

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 volatil 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'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.

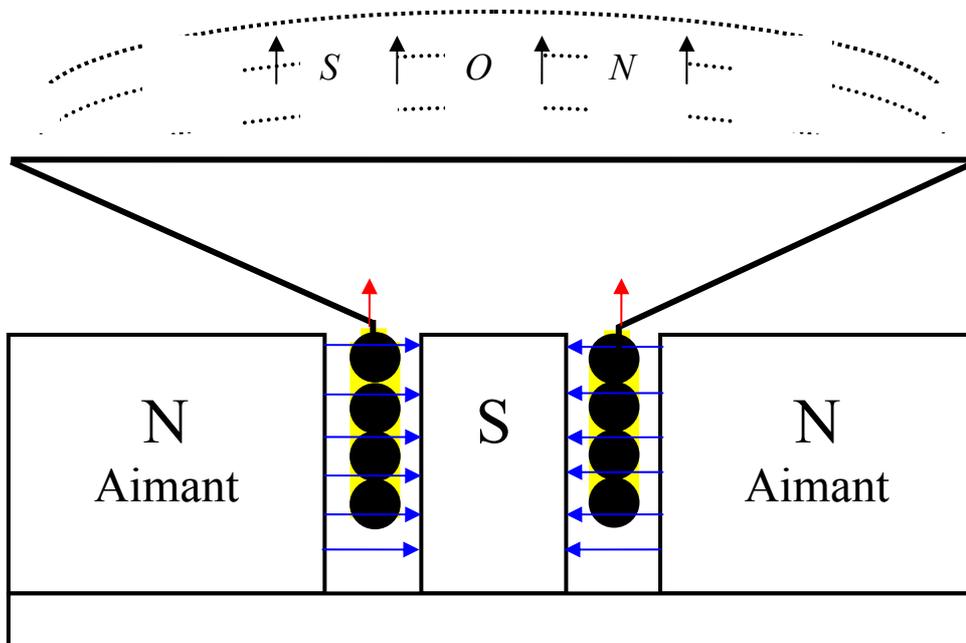


Fig. 8.5. Coupe transversale de la chaîne magnétique d'un haut-parleur

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 :

$$S1_{(\text{aimant})} \rightarrow F_{(\text{magnétique})} \rightarrow S3_{(\text{espace d'air})} \rightarrow S2_{(\text{bobine})}$$

Nous obtenons le Su-field suivant en remplaçant l'espace d'air par un liquide magnétique :

$$S1_{(\text{aimant})} \rightarrow F_{(\text{magnétique})} \rightarrow S3_{(\text{liquide magnétique})} \rightarrow S2_{(\text{bobine})}$$

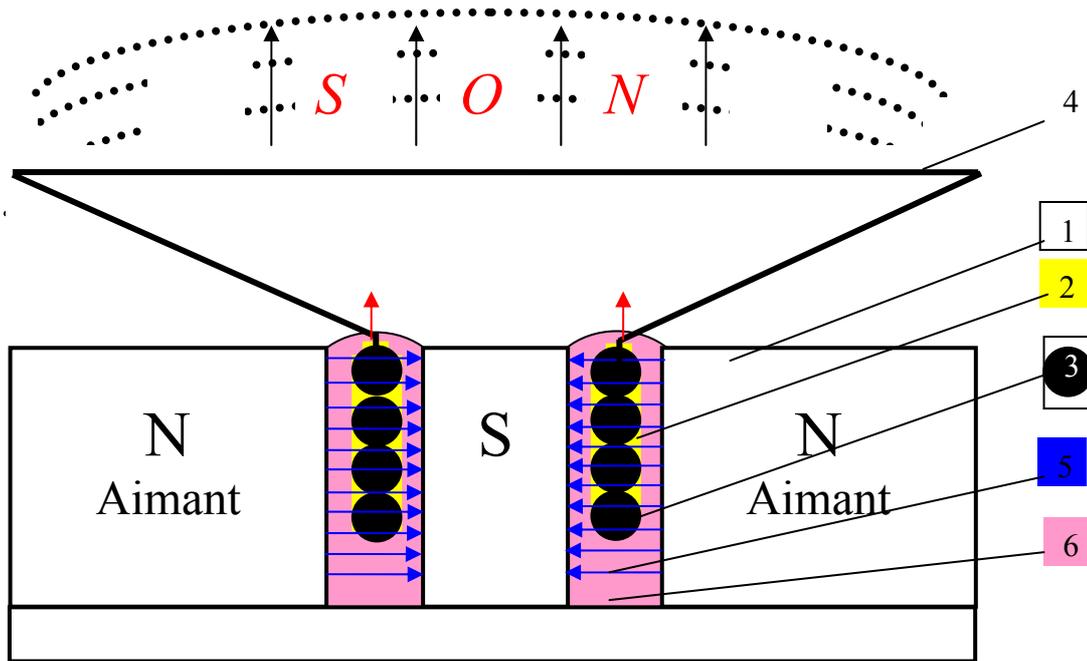


Fig. 8.6. Coupe transversale de la chaîne magnétique d'un haut-parleur avec un espace rempli par un liquide magnétique (6)

Légende :

- 1 – Aimant
- 2 – Composés qui remplissent 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 remplissant 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).