

La TRIZ : Une Théorie de l'invention qui venait d'ailleurs

Denis CAVALLUCCI

Les nouveaux défis de la société et la nécessité d'un soutien à l'innovation

Le monde contemporain est confronté à des défis complexes, qui ne cessent de croître en importance et en diversité. Parmi ceux-ci figurent la transition vers la **neutralité carbone**, l'émergence des technologies **quantique** et **hydrogène**, les enjeux liés à la **sécurité alimentaire**, ainsi que la lutte contre le **réchauffement climatique**. D'autres problématiques, telles que la construction d'une **défense européenne** efficace, la **relocalisation industrielle**, et la nécessité de se préparer à de **futures pandémies**, viennent compléter cet ensemble de priorités stratégiques.

Ces défis dépassent largement les capacités des approches traditionnelles de résolution de problème et imposent de mettre en œuvre une réflexion innovante. Ceux chargés de trouver des solutions à ces problématiques complexes (les inventeurs, les ingénieurs, les technologues, les scientifiques) requièrent des outils méthodologiques et des cadres théoriques robustes pour inventer des solutions viables et durables. L'ampleur de ces enjeux démontre que l'innovation ne peut plus être le fruit du hasard ou d'initiatives isolées. Elle nécessite désormais une approche structurée, guidée par des outils qui permettent d'optimiser le processus d'invention.

C'est dans ce contexte que s'inscrit l'utilisation de la méthode **TRIZ**, qui offre un cadre structuré pour l'analyse des systèmes et la résolution des contradictions inhérentes aux processus techniques et fonctionnels. TRIZ, en collaboration avec des outils comme **FINDER (Framework for INventive Design Research)**, vise à soutenir les inventeurs en leur fournissant des méthodes éprouvées pour développer des solutions innovantes face aux défis sociétaux actuels.

La **TRIZ**, ou **Théorie de la Résolution des Problèmes Inventifs**, se présente comme une démarche qui dépasse les outils classiques en ingénierie pour aborder les **contradictions** au cœur des systèmes techniques. Ce document propose une exploration structurée des **principes fondateurs** de la TRIZ, illustrant comment cette approche peut offrir des **perspectives novatrices** pour les ingénieurs, chercheurs, et décideurs. Plutôt qu'une simple boîte à outils, la **TRIZ** permet de dépasser les **compromis** habituels pour atteindre des solutions qui transforment des contraintes en opportunités, tout en s'appuyant sur un cadre théorique éprouvé. Par une analyse raisonnée des **contradictions**, cette méthode permet d'établir des chemins nouveaux pour l'évolution des systèmes, apportant des réponses adaptées aux défis contemporains de la créativité et de l'innovation.

1. Introduction

Depuis plusieurs décennies, la TRIZ s'est imposée comme une approche méthodologique incontournable dans le domaine de **l'innovation technique**. Conçue pour dépasser les limites des méthodes créatives conventionnelles, cette théorie propose un **cadre structuré et systématique** pour résoudre des problèmes inventifs, en particulier ceux caractérisés par des contradictions apparentes. Bien que son acronyme, Théorie de la Résolution des Problèmes Inventifs, soit parfois perçu comme mystérieux ou complexe, la TRIZ s'appuie sur des **principes logiques** qui ont été validés par des décennies d'analyse des **systèmes techniques** et des **brevets d'invention**.

À travers cet article, nous proposons une vue d'ensemble pragmatique et raisonnée de la TRIZ, en abordant non seulement ses **fondements théoriques** mais également les outils et méthodes qui la rendent **opérationnelle**. Destinée à un large public, des **ingénieurs** aux **décideurs**, cette présentation vise à clarifier comment la TRIZ peut être intégrée dans des démarches professionnelles pour stimuler l'innovation. Nous explorerons la manière dont la TRIZ permet de transformer **des problèmes complexes** en **solutions efficaces**, et ce, sans recourir aux compromis souvent nécessaires dans d'autres approches. Au-delà de la simple méthodologie, la TRIZ se révèle être un véritable **cadre théorique** permettant une compréhension plus fine des dynamiques de l'inventivité.

2. La TRIZ : Théorie, méthode ou boîte à outils ?

La **distinction** entre une **théorie**, une **méthode** ou un outil peut parfois paraître subtile, et il est important de bien définir chacune de ces notions pour comprendre comment elles s'appliquent dans le cadre de la TRIZ. Une **théorie** se distingue par des **postulats** fondamentaux et des **axiomes** qui structurent un champ de connaissances, tandis qu'une **méthode** représente un ensemble d'étapes organisées visant un objectif spécifique. Un **outil**, plus limité dans sa portée, est conçu pour accomplir une tâche précise dans un contexte donné.

Dans le cas de la TRIZ, bien que son nom se traduise par « Théorie de la Résolution des Problèmes Inventifs », une confusion persiste sur sa véritable nature. Certains la perçoivent comme une simple méthode ou une collection d'outils pratiques pour les ingénieurs. Cependant, il est important de souligner que, dès ses origines, son créateur, **Genrich Altshuller**, l'a pensée avant tout comme une théorie. Certes, la TRIZ incorpore des méthodes et des outils puissants, mais elle se distingue avant tout par ses **principes fondamentaux** et ses **axiomes**, qui en font une véritable théorie des processus inventifs.

Cette conception théorique ouvre des perspectives bien plus larges qu'une simple méthodologie d'innovation. La TRIZ, en tant que **théorie**, permet non seulement de résoudre des **problèmes techniques complexes**, mais aussi d'adapter et de décliner ses **principes** dans divers contextes, méthodologies ou outils. Se limiter à la considérer comme une **méthode** reviendrait à réduire son champ d'application aux premières propositions d'**Altshuller**, alors que ses potentialités vont bien au-delà de la simple application de ses outils.

3. Genrich Altshuller, l'homme à l'origine de la TRIZ

Pour comprendre pleinement la TRIZ, il est indispensable de revenir à son créateur, **Genrich Altshuller**, un homme dont les idées ont profondément marqué l'**innovation industrielle**. Altshuller, ingénieur et inventeur soviétique, a développé cette théorie à partir d'une observation minutieuse des **mécanismes** de l'invention. Doté d'une **curiosité intellectuelle** sans cesse en éveil, il a su repenser les processus créatifs en s'appuyant sur une approche **systématique**, rigoureuse et méthodique.

Dès son plus jeune âge, Altshuller fait preuve d'une capacité d'innovation exceptionnelle. **À 12 ans**, il conçoit un moteur pour propulser une barque, et à 20 ans, il est déjà **expert en brevets** dans la marine soviétique. C'est dans ce contexte qu'il observe les inventeurs et les innovations de son époque, formulant deux constats fondamentaux : tout d'abord, les **processus cognitifs** à l'œuvre dans l'invention sont semblables, quel que soit le domaine d'expertise de l'inventeur ; ensuite, les

innovations les plus marquantes s'appuient souvent sur des connaissances provenant de domaines éloignés de celui dans lequel le problème est posé.

Fort de ces observations, Altshuller en arrive à l'idée que l'**inventivité** n'est pas le fruit du hasard ou de l'inspiration soudaine, mais qu'elle repose sur des principes et des **lois universelles**. Il entreprend alors de formaliser ces mécanismes pour en faire une théorie transférable et applicable à grande échelle. C'est ainsi que naît la TRIZ, une théorie qui se donne pour objectif de rendre l'innovation accessible et reproductible, en proposant un **cadre méthodologique structuré**.

Bien que son parcours ait été marqué par des épreuves, notamment son **emprisonnement au goulag** pour avoir critiqué les autorités soviétiques, Altshuller a su tirer parti de chaque difficulté pour affiner ses idées. Ses échanges avec d'autres intellectuels en détention ont nourri ses réflexions, et à sa libération, il publie ses premières œuvres majeures sur la créativité inventive. Tout au long de sa vie, il n'a cessé de promouvoir et d'enrichir la TRIZ, ouvrant la voie à une nouvelle manière d'aborder les **défis techniques et créatifs**.

Aujourd'hui, bien que la TRIZ ait évolué et se soit diffusée dans le monde entier, elle reste indissociable de **l'héritage d'Altshuller**. Son approche avant-gardiste continue d'inspirer des générations d'ingénieurs et de chercheurs, désireux de trouver des solutions inventives aux **problèmes complexes** de notre époque.

4. L'histoire de l'arrivée de TRIZ en Europe, en France et dans le monde

L'introduction de la TRIZ en dehors de l'ex-URSS a suivi un cheminement progressif, parfois discret, mais significatif. En Europe, la diffusion de cette théorie s'est accélérée à partir des années 1990, avec des initiatives marquantes, notamment en France. Bien que cette période ait été largement couverte par des études antérieures, il est important de revenir sur certains événements clés qui ont façonné l'histoire de la TRIZ dans le contexte européen et mondial.

En **1991**, la première présentation officielle de la TRIZ en France s'est tenue à l'UNESCO, à Paris, marquant le début d'une tentative de **reconnaissance institutionnelle**. C'est aussi cette année-là qu'un premier manuscrit résumant la TRIZ fut rédigé par **Christo Boutzev**, bien qu'il ne fut jamais publié. Par la suite, plusieurs articles et mémoires ont progressivement contribué à **l'ancrage de la TRIZ** dans la sphère **académique et industrielle** française, avec un premier **état de l'art** publié en 1996.

Le développement de la TRIZ en France a pris un tournant décisif à la fin des années 1990, avec des premières **applications industrielles réussies** dans des entreprises telles que **MGI Coutier**, un équipementier automobile, qui a utilisé la TRIZ pour breveter une nouvelle solution. Cette période a également vu la création de l'association **TRIZ-France**, réunissant des acteurs industriels majeurs tels qu'EDF, Renault, PSA et des institutions académiques comme **l'INSA Strasbourg**.

L'expansion de la TRIZ à travers le monde ne s'est pas limitée à l'**Europe**. Les **États-Unis** ont également vu un intérêt croissant pour cette méthode, bien que la **France** ait rattrapé son retard en matière de diffusion dans les années 1990. Aujourd'hui, ce sont les pays asiatiques, en particulier la **Corée du Sud** et la **Chine**, qui dominent la scène internationale de la TRIZ, avec un soutien étatique fort, des **programmes de formation dédiés** et une **production scientifique** en plein essor.

La TRIZ continue d'évoluer et de s'adapter aux **besoins contemporains**, avec des applications diversifiées dans l'éducation, la recherche, et l'innovation industrielle. Si la France a joué un rôle important dans la diffusion de la TRIZ en Europe, elle doit aujourd'hui faire face à la concurrence croissante des pays asiatiques, où la méthode est devenue un **levier stratégique** pour **l'innovation**.

Cette trajectoire historique souligne l'importance de la TRIZ dans le paysage **mondial** de l'innovation, tout en mettant en lumière les **dynamiques régionales** qui ont influencé sa diffusion. Le développement de la TRIZ reste tributaire d'une meilleure **coordination internationale** et d'une **sensibilisation accrue** au sein des milieux **industriels** et **académiques**.

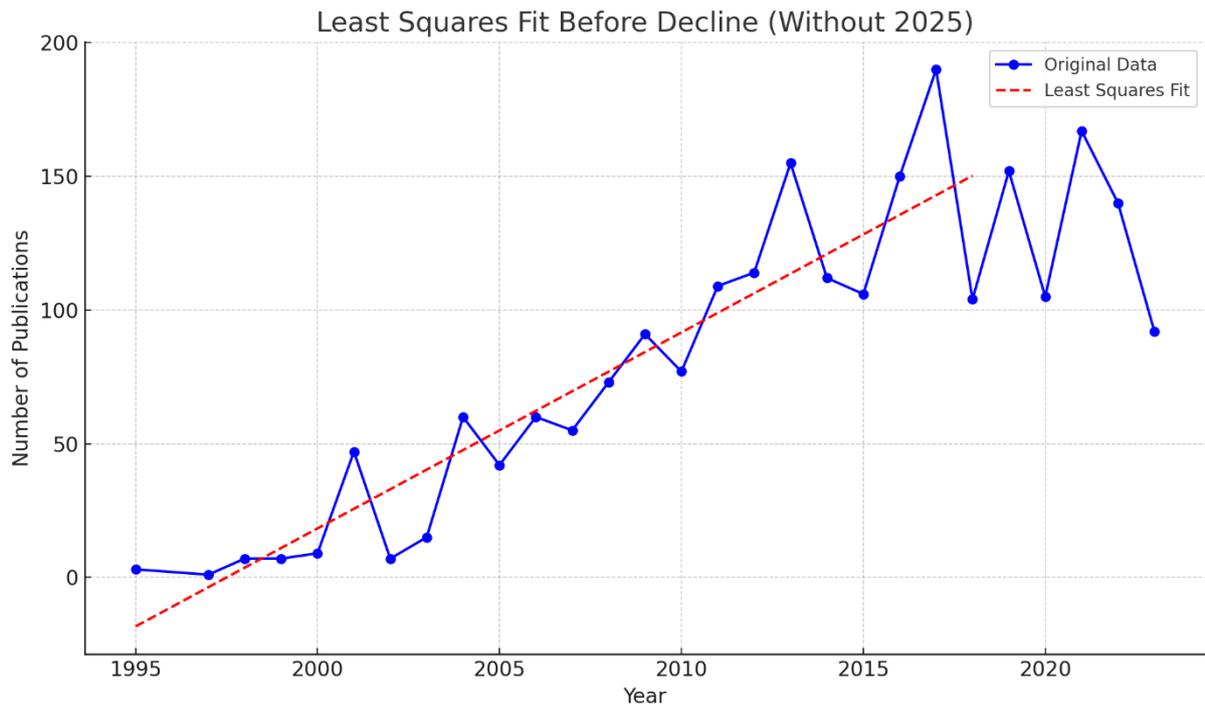


Figure 1 : Nombre d'articles scientifiques publiés sur la TRIZ de 1995 à 2024¹

¹ Source Web of Science compilé le 26 septembre 2024 basée sur une restriction aux articles de revues scientifique internationales indexés mentionnant le mot clé TRIZ soit le dans titre, soit dans l'abstract soit dans les mots clés.

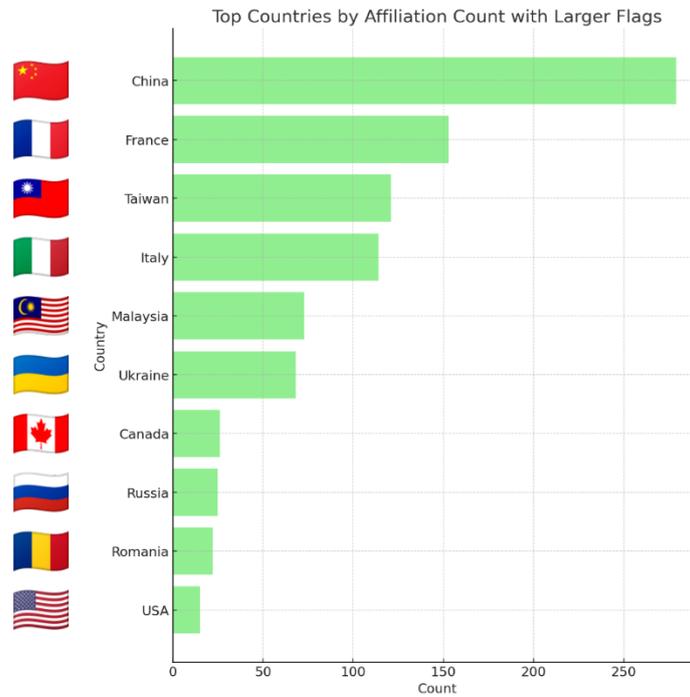
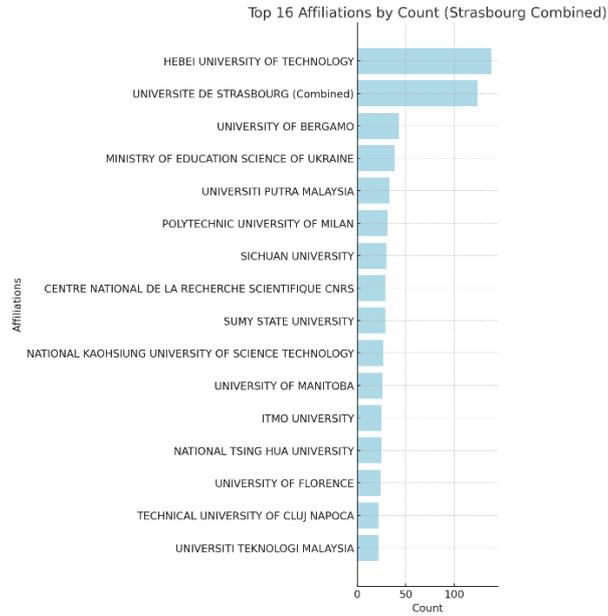


Figure 2 : Classement des 30 premières organisations scientifiques² puis par pays

4.1 Aperçu macroscopique des contenus de la TRIZ

² Source Web of Science compilé le 26 septembre 2024 basée sur une restriction aux articles de revues scientifique internationales indexés mentionnant le mot clé TRIZ soit le dans titre, soit dans l'abstract soit dans les mots clés. La somme des articles de 1997 à 2011 par organisation (Université, Grande école) a été effectuée, les redondances entre les co-auteurs enlevées.

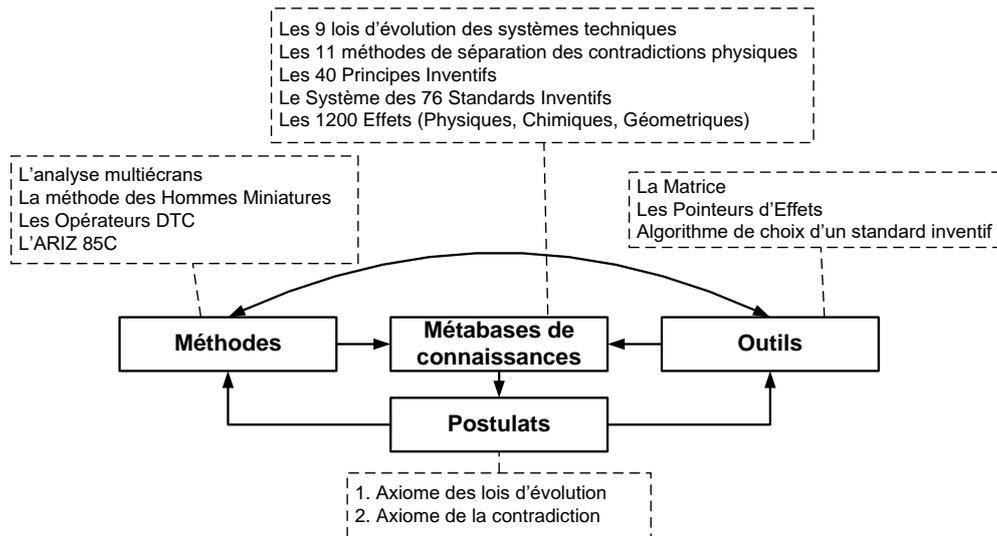


Figure 3 : Représentation systémique des composantes de la TRIZ

La TRIZ, en tant que théorie de l'invention, se distingue par la **richesse** et la **diversité** de ses composantes. Elle s'appuie sur un **corpus de connaissances multidisciplinaires**, formalisé à partir de l'analyse approfondie de l'activité **inventive humaine**. Ce corpus est structuré de manière systématique afin d'offrir un cadre qui s'applique à de nombreux **domaines techniques**. Pour comprendre pleinement la portée de la TRIZ, il est utile de visualiser ses éléments sous une forme systémique, combinant des connaissances, des outils et des méthodes.

À la base de la TRIZ, on trouve un ensemble de principes inventifs et de lois d'évolution des systèmes techniques. Ces principes ont été extraits de l'étude de milliers de **brevets** et de l'analyse des mécanismes cognitifs à l'œuvre dans le processus d'invention. Les **bases de connaissances** ainsi constituées représentent une source précieuse d'informations, utilisables par les inventeurs pour résoudre des **problèmes complexes**. Ces connaissances sont organisées sous forme de "**méta-bases**", permettant leur application à divers domaines scientifiques et industriels.

L'accès à ces **méta-bases** de connaissances est facilité par un ensemble d'outils et de méthodes. Les outils TRIZ sont conçus pour accomplir des tâches spécifiques au sein du processus d'invention, tandis que les méthodes structurent le déroulement des différentes étapes de la résolution de problèmes. Chaque outil et méthode s'intègre dans une démarche **cohérente**, guidée par les **principes fondamentaux** de la TRIZ, afin de maximiser l'efficacité et la pertinence des solutions proposées.

En résumé, la TRIZ s'articule autour de trois grands axes : les **connaissances**, les **outils** et les **méthodes**. Cette approche systémique permet de structurer la réflexion et de guider l'inventeur à travers les différentes étapes de l'innovation, en optimisant l'utilisation des **ressources disponibles**. L'objectif ultime de la TRIZ est de proposer une **méthodologie rigoureuse** et **reproductible** pour résoudre des problèmes techniques tout en évitant les compromis traditionnels.

4.2 Les Connaissances ayant servi à l'élaboration de la TRIZ

Les **fondements** de la TRIZ reposent sur une base de **connaissances** accumulées au fil du temps, issue de **observations** approfondies et de **analyses** rigoureuses des processus inventifs. Ces connaissances,

centralisées et modélisées par les fondateurs de la théorie, proviennent de **quatre grandes sources** qui constituent l'essence même de la TRIZ.

Tout d'abord, **les sciences fondamentales** ont joué un rôle primordial. En s'appuyant sur des **ouvrages de référence** et des **publications scientifiques majeures**, les créateurs de la TRIZ ont extrait des **principes généraux** applicables à l'invention. Ces principes trouvent des correspondances dans les **lois universelles** de la **physique**, de la **chimie**, et d'autres **disciplines** de base, offrant ainsi une **assise théorique** solide.

Ensuite, **les brevets** représentent une source essentielle de connaissances pour la TRIZ. Genrich Altshuller et son équipe ont analysé près de **400 000 brevets** à travers le monde, dont environ **10 %** se sont avérés particulièrement innovants. De cette analyse, des **schémas récurrents d'inventivité** ont été dégagés, permettant de formaliser des principes que l'on retrouve dans des **innovations transversales** à divers secteurs.

Les **biographies des inventeurs** célèbres ont également contribué à l'élaboration de la TRIZ. En étudiant les **parcours** de ces innovateurs, leurs **méthodes de travail** et les **défis** qu'ils ont surmontés, les chercheurs ont pu mieux comprendre les **mécanismes cognitifs** et **méthodologiques** qui sous-tendent l'invention. Ces analyses ont mis en lumière des **stratégies créatives** communes à ces inventeurs, consolidant ainsi les principes de la TRIZ.

Enfin, **l'étude de l'historique des inventions** a permis de formaliser **les dynamiques évolutives** des objets techniques. En examinant l'évolution de **1 500 objets**, les chercheurs ont dégagé des **lois d'évolution** des **systèmes techniques**, qui constituent l'un des **fondements théoriques** les plus importants de la TRIZ.

Ces **quatre sources** — les sciences fondamentales, les brevets, les biographies des inventeurs, et l'historique des inventions — sont à l'origine de la formalisation des **principes inventifs** de la TRIZ. En compilant et en modélisant ces connaissances, la TRIZ offre un **cadre multidisciplinaire**, applicable à différents **domaines**, qui permet d'enrichir le processus de résolution de problèmes inventifs.

4.3 Les fondamentaux : les axiomes de la TRIZ

La TRIZ repose sur **deux axiomes** centraux qui constituent les piliers de cette théorie : **les lois d'évolution des systèmes techniques** et le **concept de contradiction**. Ces deux principes fondamentaux fournissent une base solide pour comprendre et appliquer la TRIZ dans la **résolution de problèmes inventifs**.

Le premier axiome, les **lois d'évolution**, décrit les **schémas récurrents** selon lesquels les **systèmes techniques** se développent au fil du temps. Contrairement à d'autres approches qui se concentrent sur les **besoins immédiats** des utilisateurs, la TRIZ postule que les **systèmes techniques** évoluent en suivant des **trajectoires prédéfinies**, indépendamment des demandes du marché. Ces lois permettent d'anticiper les futures étapes de l'évolution d'un système, offrant ainsi aux inventeurs des pistes pour orienter leur démarche créative vers des **solutions novatrices**.

Le deuxième **axiome**, celui de la **contradiction**, est au cœur de l'approche TRIZ. Il stipule que les **innovations majeures** naissent de la **résolution sans compromis** de contradictions. En d'autres termes, pour qu'un **système technique** progresse de manière significative, il est nécessaire de résoudre des

oppositions entre deux **exigences conflictuelles**, sans faire de concessions. La TRIZ enseigne que ces **contradictions** doivent être identifiées et surmontées afin d’obtenir des **avancées technologiques** qui ne se limitent pas à des compromis, mais qui apportent des **solutions optimales**.

Ces deux **axiomes** sont les **fondations** sur lesquelles repose toute la démarche TRIZ. Comprendre ces principes permet d’appréhender la **dynamique d’évolution** des **systèmes techniques**, ainsi que la **manière** dont les contradictions peuvent être utilisées pour stimuler **l’inventivité**. Ces concepts seront approfondis tout au long de ce document, mais leur rôle central dans la TRIZ est essentiel à la compréhension des **méthodologies** et des **outils** qui en découlent.

4.4 Les Outils de la TRIZ

Les outils de la TRIZ constituent un ensemble de mécanismes pratiques conçus pour accompagner et faciliter la résolution de **problèmes inventifs**. Bien qu’ils soient souvent perçus comme des instruments isolés, ces outils s’inscrivent dans une démarche méthodologique plus large, en accord avec les principes théoriques de la TRIZ. Ils permettent de structurer la réflexion et d’aborder les contradictions techniques avec rigueur.

Ces outils, développés à partir d’une analyse approfondie des processus inventifs, ne sont pas des solutions en elles-mêmes, mais des **leviers** qui guident l’utilisateur dans la recherche de solutions innovantes. Ils sont issus de l’observation systématique des **inventions** et des brevets, offrant ainsi des solutions pratiques qui ont fait leurs preuves dans différents contextes.

Chaque outil TRIZ a une fonction spécifique dans le cadre du processus d’invention. Leur usage est souvent complémentaire, car ils permettent de franchir différentes étapes du processus de résolution de problème. Par exemple, la matrice des contradictions techniques aide à identifier les principes inventifs les plus pertinents pour résoudre un conflit technique donné, tandis que **l’analyse substances-champs** permet de modéliser les interactions entre différents éléments d’un système et d’identifier les leviers d’amélioration.

L’efficacité de ces outils repose sur leur capacité à s’adapter à une multitude de situations, tout en fournissant une approche systématique pour résoudre des problèmes complexes. En structurant ainsi le processus inventif, la TRIZ garantit une cohérence et une rigueur qui dépassent les approches intuitives traditionnelles. Ces outils, bien que divers, sont tous alignés sur les principes fondamentaux de la TRIZ, créant un cadre intégré qui soutient la recherche de solutions inventives.

4.5 Les Méthodes de la TRIZ

Les **méthodes** de la TRIZ forment une série de procédures structurées destinées à guider l’utilisateur dans l’application des connaissances issues de la théorie. Ces méthodes ne se contentent pas de fournir des outils pratiques ; elles définissent un cadre méthodologique précis, qui organise et régit le processus de résolution de problèmes inventifs. L’objectif est de structurer les différentes étapes, depuis la formulation initiale du problème jusqu’à l’identification et la mise en œuvre d’une solution inventive.

Chaque **méthode** de la **TRIZ** s’appuie sur une **séquence logique**, permettant de progresser de manière ordonnée à travers les **phases de résolution**. Par exemple, **l’analyse multi-écrans**, l’une des méthodes phares, aide à placer un **problème** dans un **contexte temporel** et **systémique**. En élargissant ainsi la

perspective, cette méthode permet d'identifier des **dynamiques évolutives** et des **points de rupture** qui peuvent ouvrir la voie à de nouvelles solutions.

Une autre méthode clé, l'**ARIZ** (Algorithme de Résolution des Problèmes Inventifs), propose un cadre encore plus rigoureux pour résoudre des problèmes particulièrement complexes. L'**ARIZ**, en plusieurs étapes, permet de reformuler les **problèmes** sous des formes plus **génériques**, facilitant ainsi l'utilisation des **principes inventifs** et des **bases de connaissances** de la **TRIZ** pour parvenir à une solution optimale.

Ces méthodes ne sont pas des processus figés, mais des **lignes directrices** qui peuvent être adaptées selon le type de problème rencontré. Leur force réside dans leur capacité à fournir un **cadre structuré** tout en laissant une place à la **créativité** et à l'**innovation**. En offrant une démarche systématique, les méthodes de la TRIZ permettent aux utilisateurs d'aborder les problèmes avec rigueur et de maximiser leurs chances de trouver des solutions **novatrices**, tout en réduisant la dépendance à l'intuition ou à l'**expérimentation empirique**.

4.6 Les notions de TRIZ

4.6.1 Les cinq niveaux d'inventivité selon Altshuller

L'approche **TRIZ** repose sur une compréhension approfondie du **processus inventif**, lequel peut être classé selon **cinq niveaux** d'inventivité, comme l'a défini **Genrich Altshuller**. Ces niveaux permettent de caractériser la nature des **solutions** apportées aux problèmes techniques et d'orienter le processus de résolution.

- **Niveau 1 : Solutions routinières** – Ce premier niveau correspond aux solutions qui ne sont pas véritablement inventives. Il s'agit souvent de **compromis** ou de petites **améliorations** qui reposent sur des connaissances techniques déjà établies dans un domaine spécifique.
- **Niveau 2 : Solutions au sein d'une même industrie** – À ce niveau, les solutions émergent à partir des **ressources** ou des connaissances disponibles au sein de la même industrie. Les innovations sont souvent le fruit d'améliorations mineures d'un **système** ou d'une méthode déjà existante dans un domaine donné.
- **Niveau 3 : Solutions par transfert d'une autre industrie** – Ce niveau fait appel à la **transdisciplinarité**. Les solutions proviennent d'un autre secteur industriel, et leur application à un nouveau contexte permet de résoudre des contradictions techniques de manière inventive.
- **Niveau 4 : Solutions au-delà de toutes les industries existantes** – À ce stade, les solutions ne se trouvent dans aucune industrie connue. L'inventeur doit exploiter des **savoirs** et des **concepts** provenant d'un domaine éloigné des pratiques courantes, ou encore faire appel à des technologies émergentes.
- **Niveau 5 : Inventions qui n'existent pas encore** – Ce niveau représente la créativité à son apogée. La solution à un problème n'a jamais été imaginée auparavant et nécessite la création de nouveaux **savoirs** ou de nouvelles technologies. Ces innovations sont à l'avant-garde du **progrès scientifique et technique**.

Ces niveaux d'inventivité illustrent la manière dont la méthode **TRIZ** guide les **inventeurs** à explorer non seulement des solutions connues, mais aussi à sortir du cadre existant pour imaginer des réponses

innovantes. En prenant en compte ces différents niveaux, TRIZ aide à identifier la nature du problème et à la stratégie de résolution la plus appropriée.

4.6.2 L'idéalité

La notion d'**idéalité** dans la méthode TRIZ est l'un des concepts centraux qui guide le processus d'invention. Elle fait référence à l'objectif ultime vers lequel tout système technique tend au cours de son évolution. Dans TRIZ, l'**idéale finalité** d'un système est atteinte lorsque celui-ci remplit toutes ses fonctions de manière optimale, tout en minimisant, voire en éliminant, les effets négatifs tels que les coûts, les erreurs, la maintenance et les impacts environnementaux.

Un **système idéal**, selon **TRIZ**, est celui qui présente "tous les **avantages** et aucun **inconvenient**". Cela signifie qu'il serait capable d'atteindre ses **objectifs** sans générer de **contradictions**, c'est-à-dire sans qu'une amélioration d'un aspect ne se fasse au détriment d'un autre. L'**idéalité** pousse ainsi les **inventeurs** à imaginer des **solutions** où les **ressources** nécessaires à la réalisation de l'objectif sont minimisées, voire nulles : pas d'espace requis, pas de temps, pas d'efforts physiques, pas d'investissements et aucune maintenance nécessaire.

Cette notion est liée au concept de l'**Ideal Final Result (IFR)** dans **TRIZ**, qui représente la **solution ultime** à un problème donné. L'**IFR** est une solution qui ne demande ni **compromis** ni **dépenses supplémentaires**. Par exemple, un **IFR** pour un **système de transport** pourrait être un véhicule qui se déplace instantanément sans consommer d'énergie ni nécessiter de maintenance, tout en ayant un **impact nul** sur l'environnement.

La recherche de l'**idéalité** est essentielle dans **TRIZ** car elle permet de visualiser une **cible** à atteindre dans le développement d'un système technique, tout en fournissant un cadre pour résoudre les **contradictions** inhérentes à l'**innovation**. Cela aide les **inventeurs** à sortir du cadre conventionnel en se concentrant sur des solutions qui tendent vers l'idéal, en **maximisant les bénéfiques** et en éliminant les pertes.

4.6.3 La ressource

Dans la méthode **TRIZ**, la notion de **ressource** désigne tout élément, tangible ou intangible, qui peut être utilisé pour résoudre un problème technique ou améliorer un système. Une **ressource** peut être un **objet**, une **substance**, de l'**énergie**, de l'**information**, du **temps** ou même un **espace** disponible. L'idée centrale est de maximiser l'utilisation des **ressources existantes** dans le système avant d'en introduire de nouvelles, afin de résoudre les **problèmes** de manière plus efficace et économique.

Selon **TRIZ**, les **inventeurs** et **ingénieurs** doivent exploiter toutes les **ressources** déjà présentes dans un système ou à proximité, souvent non reconnues comme telles. Par exemple, des **propriétés physiques** ou **chimiques** des **matériaux** utilisés, des **phénomènes naturels**, ou même des éléments qui semblaient jusqu'alors inutiles peuvent devenir des leviers pour améliorer la performance ou résoudre une **contradiction technique**. Cela inclut l'usage de "ressources invisibles", c'est-à-dire des éléments intangibles comme le **vide**, les **champs électromagnétiques** ou même des concepts tels que le **temps** et l'**information**.

Le principe d'utilisation optimale des **ressources** est fondamental dans **TRIZ**, car il favorise l'ingéniosité et la **durabilité**. Par exemple, lorsqu'un système est optimisé, l'objectif est de rendre celui-ci plus

efficace sans ajouter de nouvelles ressources coûteuses ou complexes. En d'autres termes, la résolution des problèmes doit se faire en tirant parti des **ressources disponibles** pour minimiser les **coûts**, les **erreurs** et les **impacts environnementaux**.

Cela rejoint la philosophie de **TRIZ** d'inventer en utilisant les **solutions** les plus simples et directes possibles, ce qui implique de bien connaître et de réévaluer constamment les **ressources disponibles** dans le système étudié.

5. Détail des fondamentaux de la TRIZ

5.1. La contradiction dans la TRIZ

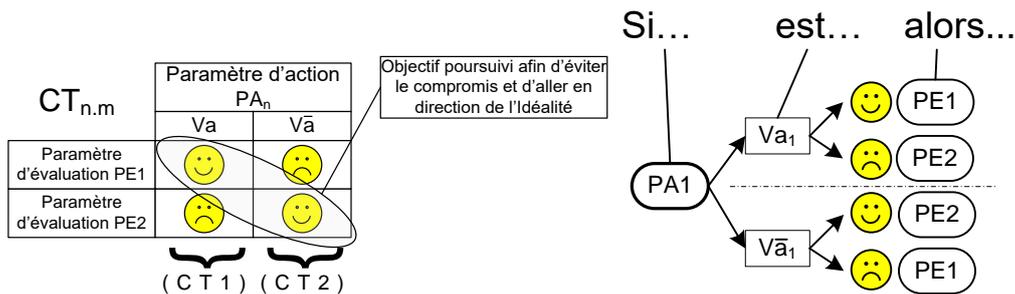


Figure 4 : Modèles graphiques possibles de représentation d'une contradiction physique (et par extension de la contradiction technique qui lui est rattachée).

La notion de **contradiction** occupe une place centrale dans la **TRIZ**. Dans cette théorie, la contradiction est définie comme une **opposition** entre deux **caractéristiques** d'un objet ou d'un système. Ces caractéristiques, qu'elles reflètent la relation entre le système et son **environnement** ou des **conflits internes** au système lui-même, doivent être résolues pour permettre une **avancée inventive**. Identifier et résoudre ces contradictions de manière **innovante**, sans compromis, est l'un des **principes fondamentaux** de la TRIZ.

Il existe trois types de **contradictions** identifiées dans la littérature TRIZ : les **contradictions administratives**, **techniques** et **physiques**. Chacune d'elles représente un degré différent de précision et de complexité, nécessitant des **approches distinctes** pour leur résolution.

La contradiction administrative : Ce type de contradiction ne révèle aucun conflit explicite, mais se manifeste par un souhait d'amélioration sans qu'une direction claire ne soit encore définie. Elle se formule souvent de manière simple : « J'aimerais [caractéristique souhaitée], mais je ne sais pas comment y parvenir. » Ce type de contradiction est couramment rencontré dans les premières phases d'un projet lorsque le problème n'est pas encore bien compris. Par exemple, on pourrait formuler la contradiction administrative d'une **pince à linge** ainsi : « J'aimerais qu'elle ne laisse pas de marque sur le linge, mais je ne sais pas comment y parvenir. » À ce stade, il s'agit davantage d'un souhait vague qu'une **contradiction technique** clairement définie.

La contradiction technique : La contradiction technique apparaît lorsqu'une action sur un système produit à la fois un **effet bénéfique** et un **effet indésirable**. Prenons l'exemple d'une pince à linge : si l'on réduit la pression exercée pour éviter de marquer le linge, cela pourrait également réduire son efficacité à maintenir le linge sur le fil. La **TRIZ** propose de résoudre ces contradictions techniques par des **principes inventifs**, en utilisant des analogies avec des solutions issues d'autres domaines. L'outil

de la **matrice des contradictions techniques**, qui associe des principes inventifs à des conflits récurrents, est souvent utilisé à ce stade.

La contradiction physique : Plus complexe, la contradiction physique implique une **opposition** entre deux valeurs que doit prendre un même **paramètre** dans un système. Ce type de contradiction survient lorsqu'un élément du système doit avoir simultanément deux **propriétés opposées** pour satisfaire différentes exigences. Par exemple, la raideur du ressort d'une pince à linge doit être à la fois forte pour bien maintenir le linge et faible pour ne pas marquer ce dernier. En **TRIZ**, on résout cette contradiction en ajustant des paramètres, en utilisant des concepts comme la **séparation des états** ou la **segmentation**. La résolution des contradictions physiques nécessite une approche plus précise, souvent facilitée par l'utilisation des principes inventifs et des **standards TRIZ**.

Les contradictions en pratique

Les contradictions, qu'elles soient techniques ou physiques, sont analysées selon des schémas spécifiques. Dans le cadre de la **TRIZ**, les **paramètres d'action** et d'évaluation sont utilisés pour définir ces contradictions de manière claire. Un **paramètre d'action** est un facteur que l'on peut manipuler, tandis qu'un **paramètre d'évaluation** représente une mesure de performance souhaitée.

Pour qu'une contradiction soit validée, il est essentiel de vérifier que l'effet produit par l'augmentation d'un **paramètre d'action** dans une direction améliore un **paramètre d'évaluation** tout en en détériorant un autre, et inversement lorsque le paramètre d'action évolue dans l'autre sens. C'est cette **réversibilité** des effets qui caractérise une véritable contradiction, et qui offre une opportunité de la résoudre en utilisant les **outils** et **principes** de la TRIZ.

La modélisation des contradictions

La **résolution des contradictions** en **TRIZ** repose sur une **modélisation précise**. En se basant sur les **connaissances des experts**, il est possible de construire un **modèle partagé** qui représente la situation de manière systématique. L'objectif est de définir la **contradiction** de manière à pouvoir la résoudre sans compromis.

Cette approche **dialectique** est essentielle pour l'**innovation**. En associant des **paramètres** provenant de différentes parties du **problème**, la TRIZ permet de reformuler les contradictions de façon à ouvrir des **perspectives nouvelles**. Plutôt que de chercher un **compromis**, la TRIZ incite à trouver des **solutions** qui permettent de satisfaire simultanément des **exigences** apparemment opposées.

Un exemple concret est celui de la crise de la "vache folle" dans les années 2000. Le gouvernement français devait à la fois autoriser l'entrée de viande bovine britannique pour des raisons politiques tout en protégeant la **santé publique**. Ici, « autoriser l'importation » est un **paramètre d'action** avec deux **valeurs opposées** (oui ou non), et les **paramètres d'évaluation** sont respectivement le respect des **directives européennes** et la **protection sanitaire**. En appliquant un des **principes inventifs** de la TRIZ, une solution intermédiaire (un contrôle sanitaire rigoureux) a été trouvée pour résoudre cette contradiction sans compromis.

La résolution des contradictions techniques et physiques

Pour résoudre les **contradictions techniques** et **physiques**, la TRIZ propose des **outils spécifiques** comme les **40 principes inventifs** et la **matrice de contradictions**. Chaque contradiction est modélisée en termes de **paramètres génériques** (tels que la masse, la force, la température) et analysée à l'aide de ces outils.

Les contradictions techniques, où deux caractéristiques du système sont en opposition, sont souvent résolues à l'aide de **principes inventifs** comme la **segmentation**, la **qualité locale** ou l'**action périodique**. Par exemple, dans le cas d'une **planche de bord automobile**, on peut vouloir minimiser la taille des **aérateurs** pour des raisons esthétiques tout en cherchant à maximiser leur efficacité thermique. La **contradiction technique** est alors résolue en utilisant des principes qui permettent de concilier ces deux exigences, comme l'ajout d'un **mécanisme dynamique** pour ajuster la taille des aérateurs selon les besoins.

Les **contradictions physiques**, quant à elles, exigent une approche encore plus fine. Ces contradictions surviennent lorsqu'un **paramètre** doit prendre deux **valeurs opposées**. Par exemple, pour une **pince à linge**, la **raideur** du ressort doit être à la fois forte pour maintenir le linge et faible pour éviter de le marquer. La **TRIZ** résout cette contradiction en utilisant des principes comme la **séparation** dans l'espace ou le temps, permettant à un paramètre de remplir simultanément des **fonctions opposées** dans des contextes différents.

CT _{n,m}	Section des aérateurs	
	petite	grande
Esthétique		
Confort thermique		

Figure 5 : Représentation d'une contradiction liée à la planche de bord

Conclusion sur les contradictions

La notion de **contradiction** est l'un des éléments clés qui font de la **TRIZ** une méthode puissante pour l'**innovation**. Plutôt que de chercher à contourner ou à ignorer les contradictions, la TRIZ les place au centre du processus de **résolution de problèmes**. En utilisant les **principes** et **outils** qu'elle propose, les **inventeurs** et **ingénieurs** peuvent transformer ces contradictions en **opportunités**, ouvrant ainsi la voie à des solutions véritablement **inventives**. La résolution sans compromis de ces contradictions, tant **techniques** que **physiques**, est ce qui permet à la TRIZ de dépasser les **approches conventionnelles** d'innovation.

5.2. Les lois d'évolution des systèmes techniques

L'un des aspects fondamentaux qui distingue la **TRIZ** des autres méthodes de résolution de problèmes est son approche des **systèmes techniques**. Contrairement aux théories traditionnelles qui reposent souvent sur une réponse aux **besoins** exprimés par les utilisateurs, la TRIZ postule que les systèmes techniques évoluent selon des **lois bien définies**. Ces lois d'évolution permettent de prévoir les **directions futures** que prendra un système, et constituent ainsi un **outil puissant** pour guider l'invention et l'innovation.

Ces lois sont le fruit des recherches d'**Altshuller** et de ses collègues, qui ont analysé des milliers de **brevets** pour identifier des **tendances récurrentes** dans l'évolution des systèmes techniques. Ces **tendances**, bien que variées dans leurs manifestations, suivent des **schémas réguliers** et prévisibles, ce qui permet aux **inventeurs** de les exploiter pour **accélérer l'innovation** ou résoudre des problèmes complexes.

5.2.1 Les lois d'évolution des systèmes techniques : définitions et exemples

Les lois d'évolution de la **TRIZ** peuvent être comparées aux **principes de l'évolution biologique**, mais appliquées aux **objets techniques**. Elles représentent des **invariants** qui décrivent les **trajectoires** que suivent les systèmes au fil du temps. Ces lois peuvent être classées en trois grandes catégories : les **lois statiques**, les **lois cinématiques** et les **lois dynamiques**, chacune apportant une vision spécifique sur l'évolution d'un système technique.

Loi d'intégralité des parties

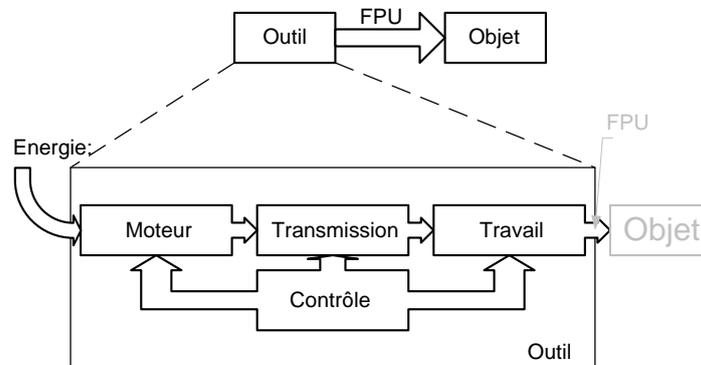


Figure 6: Représentation schématique de la loi 1

Cette **loi** stipule que pour qu'un **système technique** fonctionne de manière optimale, il doit comprendre **quatre parties fondamentales**, chacune remplissant une fonction bien précise : un **élément moteur**, un **élément de transmission**, un **élément de travail** et un **élément de commande**. Ces quatre composants doivent être présents et fonctionner en harmonie pour que le système accomplisse sa fonction principale de manière efficace. Par exemple, dans un système aussi simple qu'un **marteau**, le **manche** (élément de transmission), la **tête du marteau** (élément de travail) et l'**utilisateur** (élément de commande) doivent être présents et interagir correctement pour enfoncer un clou efficacement.

Loi de la conductibilité énergétique

Un **système technique** ne peut fonctionner correctement que si l'**énergie** circule librement et efficacement entre ses différentes parties. Cette loi souligne l'importance de minimiser les **pertes énergétiques** lors de la transmission entre les éléments du système. Par exemple, dans une **machine-outil**, l'**énergie mécanique** doit être transférée de l'élément moteur à l'**outil de coupe** sans perte significative pour garantir une performance optimale.

Loi de coordination du rythme des parties

Cette **loi** postule que pour qu'un système soit pleinement efficace, les **rythmes** de fonctionnement de ses différentes parties doivent être **coordonnés**. Par « rythme », on entend ici des notions de **fréquence**, de **vibrations** ou de **synchronisation**. Par exemple, dans une **chaîne de production**, si les cadences des différents processus ne sont pas correctement harmonisées, cela peut entraîner des **pertes de productivité** ou des **dysfonctionnements**.

Loi de l'augmentation de l'idéalité

Tout système technique évolue vers un état de perfection, ou « **idéalité** ». Un **système idéal** est défini comme un système dont les performances augmentent, tandis que les **coûts**, les **poinds** et les **volumes** diminuent, voire tendent à disparaître complètement. Cela signifie que les systèmes techniques cherchent constamment à améliorer leur **efficacité** tout en minimisant leurs impacts. Par exemple, les dispositifs modernes de **communication** tendent vers une **miniaturisation** de plus en plus poussée, tout en augmentant leur **capacité de traitement** et de **stockage** des données.

Loi du développement inégal des parties

Les différents éléments d'un système ne se développent pas tous au même **rythme**. Certains composants évoluent plus rapidement que d'autres, ce qui peut entraîner des **déséquilibres** ou des **contradictions internes** au système. Cette loi permet de comprendre pourquoi certains **sous-systèmes** nécessitent une amélioration ou une adaptation pour que le système global continue à fonctionner correctement. Par exemple, dans l'**industrie automobile**, les **progrès rapides** des systèmes électroniques peuvent rendre obsolètes certains **composants mécaniques**, ce qui nécessite des ajustements pour maintenir la performance globale du véhicule.

Loi de transition au supersystème

Cette loi suggère qu'au fur et à mesure de son **évolution**, un système technique tend à devenir une partie intégrante d'un système plus large et plus complexe, appelé « **supersystème** ». Ce processus permet au système d'élargir son champ d'application et d'améliorer son efficacité en s'appuyant sur les ressources d'autres systèmes. Par exemple, un **moteur à combustion interne** fait désormais partie d'un supersystème plus large dans les **véhicules modernes**, incluant des **systèmes électroniques de contrôle**, des **capteurs** et des **interfaces utilisateur**.

Loi de transition vers le micro-niveau

Au fur et à mesure que les **systèmes techniques** évoluent, ils tendent à se développer à des échelles de plus en plus petites, atteignant souvent le niveau **microscopique**. Cette loi reflète la tendance à **miniaturiser** les composants tout en augmentant leur **performance**. Par exemple, les **technologies microélectroniques** suivent cette loi en développant des **transistors** de plus en plus petits, capables de réaliser des fonctions toujours plus complexes.

Loi de la dynamisation

Un **système technique** évolue en passant d'un état **statique** à un état de plus en plus **dynamique** et contrôlable. Cela signifie que les systèmes tendent à devenir plus **flexibles**, **adaptables** et **réactifs** aux changements dans leur environnement. Par exemple, un **système de suspension** dans un **véhicule automobile** peut évoluer d'une configuration fixe à un système dynamique capable d'ajuster ses **paramètres en temps réel** en fonction des conditions de conduite.

Loi de transition vers une structure de substances-champs

Enfin, cette loi indique que les systèmes techniques tendent à remplacer les **composants matériels** par des **structures plus complexes**, utilisant des **champs énergétiques** ou des **effets physiques** pour accomplir les mêmes fonctions. Cela permet de réduire la **masse** et l'**inertie** des systèmes tout en augmentant leur **efficacité**. Par exemple, dans l'**électronique**, les dispositifs utilisant des **champs électromagnétiques** remplacent progressivement les systèmes purement **mécaniques**.

5.2.2 Utilisation des lois d'évolution dans le cadre de la TRIZ

Les **lois d'évolution** des systèmes techniques permettent aux **ingénieurs** et **inventeurs** d'anticiper les **directions** que prendra un système, et donc de prendre des décisions éclairées lors de la **conception** ou de l'**amélioration** d'un produit. En comprenant ces **tendances évolutives**, il est possible de prévoir les **contradictions futures** et d'y répondre avant même qu'elles ne deviennent des obstacles.

L'utilisation des **lois d'évolution** en **TRIZ** se fait souvent en complément des autres outils, tels que les **principes inventifs** et les **matrices de contradictions**. Ces lois offrent un cadre **stratégique** pour orienter l'**invention** et guider les **concepteurs** vers des solutions qui s'alignent avec l'**évolution naturelle** des systèmes.

Dans un **processus inventif**, l'application des lois d'évolution peut également servir de contre-analyse à une **étude de besoins**. En comparant les besoins exprimés par les utilisateurs avec les **tendances évolutives** des systèmes techniques, il est possible de réconcilier des points de vue contradictoires et de proposer des solutions qui répondent à la fois aux **exigences du marché** et aux dynamiques d'évolution des systèmes.

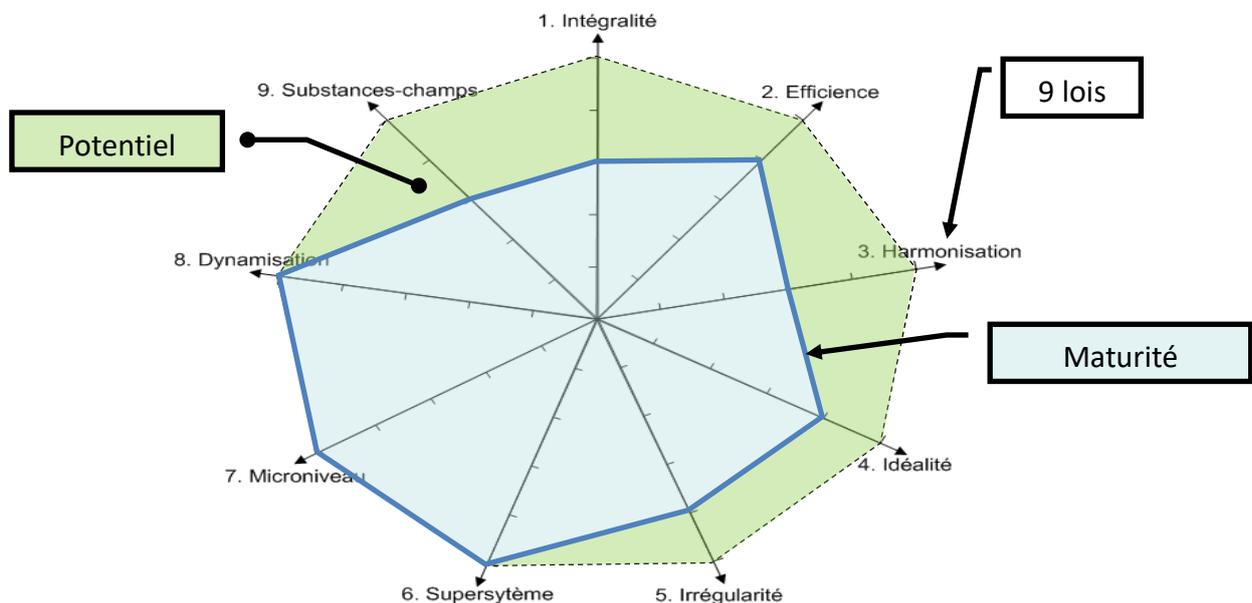


Figure 7 : Représentation des lois dans un diagramme radar

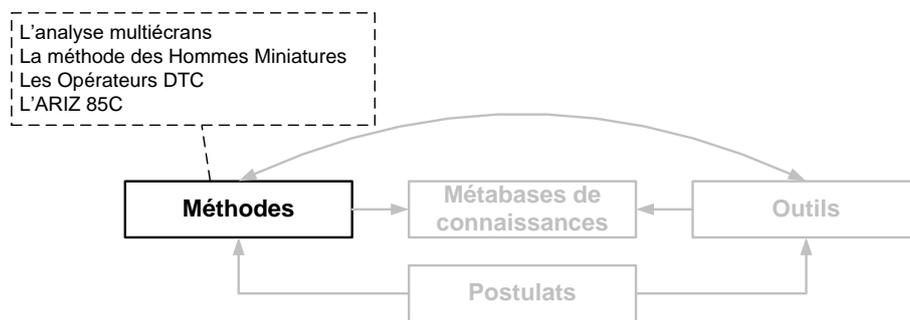
Conclusion

Les **lois d'évolution** des systèmes techniques sont un élément clé de la **TRIZ**, offrant une **perspective unique** sur la manière dont les systèmes se développent et se transforment au fil du temps. En les

intégrant dans le processus de **conception**, les **inventeurs** peuvent non seulement résoudre des problèmes actuels, mais aussi anticiper les **besoins futurs** et orienter leurs **innovations** vers des solutions plus **durables** et **efficaces**. Ces lois, en fournissant des **modèles généraux de développement**, permettent de dépasser les approches traditionnelles basées uniquement sur la satisfaction immédiate des besoins des utilisateurs et d'adopter une vision à long terme, orientée vers l'**idéalité**.

6. Les Méthodes issues de la TRIZ

Les **méthodes** de la TRIZ constituent une **structure méthodologique** qui accompagne la résolution de **problèmes inventifs** de manière progressive et organisée. Elles sont conçues pour guider les utilisateurs à travers un **processus structuré**, depuis l'**analyse initiale** jusqu'à la **formulation** et l'**exécution** de solutions. Chaque méthode vise à encadrer le **cheminement intellectuel et créatif**, afin de garantir une démarche **rigoureuse** tout en optimisant la **génération d'idées innovantes**.



6.1 L'analyse multi-écrans

L'**analyse multi-écrans**, développée par **Altshuller**, est l'une des méthodes les plus utilisées dans la **TRIZ**. Elle repose sur l'idée que pour comprendre pleinement un **problème**, il est essentiel de l'envisager à la fois dans un cadre **temporel** et **systemique**. Cette méthode offre une vue d'ensemble sur l'**évolution passée, présente et future** d'un **système**, en tenant compte de ses **interrelations** avec son environnement immédiat (le système) et avec les systèmes plus vastes ou plus spécifiques (**supersystème** et **sous-système**).

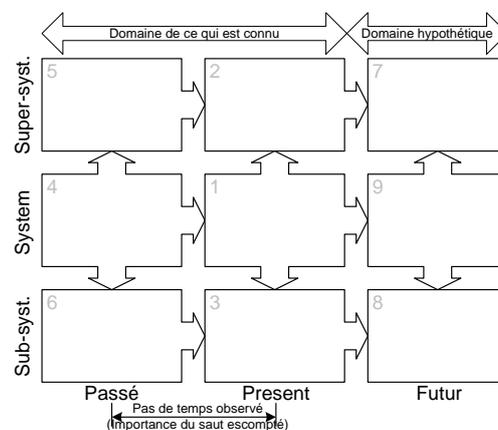


Figure 8 : Schéma multi-écrans revisité [1]

Le **schéma multi-écrans** est structuré en trois niveaux de temps (**passé, présent, futur**) et trois niveaux systémiques (**sous-système, système, supersystème**). En plaçant un problème dans ce cadre, l'analyse multi-écrans aide à identifier les **influences externes** qui affectent son évolution et permet de formuler des **hypothèses d'évolution** qui peuvent guider le **processus inventif**.

Par exemple, dans le cadre de la reconception d'un **arrosoir**, une analyse multi-écrans permettrait d'examiner comment l'arrosoir a évolué dans le passé, quelles sont les influences actuelles qui agissent sur lui, et quelles solutions futures pourraient s'appuyer sur ces influences. Cette approche **systémique** et **temporelle** permet de mieux comprendre la dynamique du problème et d'anticiper des **solutions innovantes**.

6.2 La méthode des hommes miniatures

La **méthode des hommes miniatures (MHM)** est une **technique créative** développée pour surmonter l'**inertie psychologique** des concepteurs face à des **problèmes complexes**. Elle consiste à imaginer que des « **hommes miniatures** » agissent dans le système étudié pour résoudre un problème spécifique. En visualisant ces petits hommes exécutant des **tâches précises**, le concepteur est incité à explorer des **scénarios nouveaux** et à envisager des solutions qu'il n'aurait pas considérées autrement.

Cette méthode aide à briser les **stéréotypes mentaux** et à adopter une **perspective différente** sur le problème. Une fois les hommes miniatures imaginés en train de résoudre le problème, il est alors possible de traduire ces actions imaginaires en **solutions techniques** concrètes, en remplaçant les hommes par des **substances physiques** réelles et leurs actions par des fonctionnalités attribuées à des **matériaux** ou des systèmes techniques.

Un exemple classique de la **MHM** concerne un **système de bascule** qui ne décharge pas correctement un **liquide**. En imaginant des hommes miniatures qui ajustent la bascule en fonction de l'arrivée du liquide, il devient plus facile de concevoir un **mécanisme dynamique** qui remédie au problème de manière efficace.

6.3 Les opérateurs DTC

Les **opérateurs DTC (Dimensionnel, Temporel et Coût)** sont une série de questions qui permettent de sortir des schémas de pensée traditionnels en confrontant le **système étudié** à des **scénarios extrêmes**. Ces questions portent sur trois axes : les **dimensions** du système, la **durée** de son fonctionnement et son **coût**. Elles consistent à imaginer ce qui se passerait si le système devenait **extrêmement petit** ou **grand**, s'il fonctionnait dans un temps extrêmement **court** ou **long**, ou s'il avait un **coût** extrêmement bas ou élevé.

L'objectif des opérateurs DTC est de stimuler la **réflexion** et de faire émerger des **contradictions latentes** ou non évidentes. En répondant à ces questions, les **concepteurs** sont amenés à envisager des **solutions radicales** qui ne seraient pas apparues dans un cadre d'analyse traditionnel.

Par exemple, pour résoudre un problème de **déformation** d'un matériau sur un **convoyeur**, il peut être utile d'imaginer ce qui se passerait si les **rouleaux** du convoyeur étaient extrêmement petits ou si le système fonctionnait à une **échelle moléculaire**. Ces scénarios extrêmes aident à explorer des **pistes nouvelles**, comme l'utilisation de **fluides** au lieu de rouleaux, en remplaçant l'interaction physique par une **solution chimique** ou **électromagnétique**.

6.4 L'ARIZ 85C

L'ARIZ (**Algorithme de Résolution des Problèmes Inventifs**) est une méthode centrale dans la **TRIZ**, qui constitue un **algorithme complexe** et structuré en plusieurs étapes. Conçu pour résoudre des **problèmes particulièrement difficiles**, l'ARIZ est utilisé lorsque les autres outils et méthodes ne suffisent pas. Il permet de **reformuler** des problèmes complexes, souvent caractérisés par des **contradictions physiques**, et de guider le concepteur vers des **solutions innovantes**.

L'ARIZ se décompose en plusieurs étapes, qui vont de l'**analyse initiale** du problème à sa reformulation en termes de **contradiction**, puis à l'utilisation des **principes inventifs** et à la **validation** des solutions proposées. L'ARIZ nécessite un haut niveau de **compétence** en TRIZ et est généralement utilisé pour les problèmes les plus difficiles ou insolubles par des méthodes plus classiques.

Par exemple, dans un contexte **industriel**, l'ARIZ peut être appliqué pour résoudre des **contradictions** liées à la conception d'un **produit** qui doit simultanément répondre à des exigences contradictoires en termes de **performance** et de **coût**. En suivant l'algorithme, les concepteurs sont guidés vers une solution qui surmonte ces contradictions **sans compromis**.

Tableau comparatif des méthodes TRIZ

Méthode	Situation adaptée	Difficulté d'apprentissage
Analyse multi-écrans	Pour comprendre les dynamiques temporelles et systémiques d'un problème.	Facile, environ 2-3 heures pour une maîtrise de base.
Méthode des hommes miniatures	Pour surmonter l'inertie psychologique et aborder des zones complexes.	Très rapide, environ 1 à 2 heures pour maîtriser la méthode.
Opérateurs DTC	Pour identifier des contradictions cachées et explorer des scénarios extrêmes.	Facile, environ 1 à 2 heures pour comprendre les bases.
ARIZ 85C	Pour des problèmes complexes avec des contradictions physiques insolubles.	Complexe, nécessite plusieurs semaines de formation.

Conclusion

Les **méthodes** de la **TRIZ** sont conçues pour structurer et guider la **pensée inventive**. Chacune de ces méthodes offre une approche différente, adaptée à la **nature du problème** et à son niveau de

complexité. En les utilisant de manière appropriée, les **concepteurs** et **ingénieurs** peuvent surmonter les **blocages créatifs**, identifier des **solutions novatrices** et résoudre des **contradictions complexes** de manière systématique. La combinaison de ces méthodes dans un cadre cohérent permet à la TRIZ d'offrir une véritable **boîte à outils** pour l'**innovation**, tout en restant ancrée dans une démarche théorique solide.

7. Les Outils issus de la TRIZ

La TRIZ, en tant que **théorie** de la **résolution des problèmes inventifs**, met à disposition un ensemble d'**outils méthodologiques** destinés à aider les **inventeurs** et **ingénieurs** à identifier, analyser et résoudre des **problèmes techniques complexes**. Ces outils ne se contentent pas d'offrir des solutions toutes faites ; ils servent de **cadres** qui facilitent l'**analyse** des **systèmes** et la génération d'**idées créatives** en s'appuyant sur des **principes** et modèles éprouvés. Chacun de ces outils joue un rôle spécifique dans le **processus d'innovation**, en guidant l'utilisateur à travers des **étapes** claires et organisées.

7.1 La matrice de résolution des contradictions techniques

La **matrice de résolution des contradictions techniques** est sans doute l'un des outils les plus emblématiques de la TRIZ. Développée à partir de l'analyse statistique de plus de **40 000 brevets inventifs**, elle permet de résoudre des **contradictions techniques** en associant des **paramètres contradictoires** à des **principes inventifs**. La matrice se présente sous la forme d'un **tableau à double entrée**, où les lignes et colonnes représentent les **paramètres génériques** des systèmes techniques, tels que le **poids**, la **force**, la **température**, etc.

Lorsque deux **paramètres techniques** entrent en contradiction, la matrice propose une série de **principes inventifs** qui ont été utilisés pour résoudre des conflits similaires dans le passé. Chaque case de la matrice contient des références à un ou plusieurs principes inventifs, offrant ainsi des **pistes concrètes** pour surmonter la contradiction sans avoir à faire de compromis.

Prenons l'exemple d'un **boîtier de lentilles de contact**. La contradiction peut résider dans le fait que le **fond du boîtier** doit être à la fois **concave** (pour faciliter la pose des lentilles) et **convexe** (pour assurer une meilleure hygiène). En utilisant la matrice, l'inventeur identifie des principes inventifs spécifiques (comme la **segmentation** ou l'**équipotentialité**) qui l'aident à générer des concepts de solution novateurs

La matrice est un outil puissant pour guider l'utilisateur vers des **solutions créatives** fondées sur des expériences antérieures. Elle aide à systématiser la résolution des **contradictions techniques** en évitant les **solutions intuitives** ou basées sur des compromis, en se fondant sur les **connaissances accumulées** dans de nombreux domaines.

7.2 L'analyse substances-champs associée aux standards inventifs

L'**analyse substances-champs**, également connue sous le nom de **modélisation Vépole**, est un autre outil clé de la TRIZ, qui repose sur la **formalisation** des relations entre les **substances** et les **champs** dans un système technique. Cet outil permet de représenter un système sous forme d'un **modèle simplifié**, en identifiant les substances (les éléments physiques) et les champs (les forces ou

interactions) qui sont en jeu. L'objectif est de comprendre comment ces éléments interagissent et de proposer des modifications qui améliorent les **performances** du système.

L'analyse substances-champs est particulièrement utile pour diagnostiquer des **problèmes techniques complexes** et pour identifier les points où des **interventions** peuvent être apportées. Une fois le modèle substances-champs établi, il est possible d'appliquer les **standards inventifs**, qui sont des **solutions génériques** à des problèmes techniques typiques. Ces standards sont le fruit d'une longue analyse de brevets et d'inventions, et ils fournissent des solutions standards applicables à de nombreux cas.

Un exemple d'application pourrait être celui d'un système où une interaction entre deux **composants mécaniques** provoque une **usure prématurée**. En modélisant cette interaction sous forme de **substances-champs**, il devient possible de visualiser la relation entre les éléments et de proposer des modifications basées sur des **standards inventifs**, comme l'ajout d'un **champ magnétique** ou l'utilisation de **nouveaux matériaux** pour éviter l'usure.

Cette approche méthodique permet d'aller au-delà de la simple **intuition** et de proposer des solutions fondées sur des **principes physiques** bien définis, tout en réduisant les risques d'**erreurs de conception**.

7.3 Les pointeurs d'effets physiques, géométriques et chimiques

Les **effets physiques, géométriques et chimiques** sont des phénomènes fondamentaux qui peuvent être utilisés pour résoudre des problèmes techniques. La **TRIZ** propose un outil appelé « **pointeurs d'effets** », qui aide les concepteurs à identifier quels **effets physiques** ou **chimiques** pourraient être utilisés pour accomplir une tâche particulière dans un système technique.

Les **pointeurs d'effets** sont une base de données encyclopédique qui recense un large éventail d'**effets physiques et chimiques** applicables dans différents contextes. Ces effets sont classés selon leur capacité à interagir avec des **substances** ou des **champs**, et peuvent être utilisés pour concevoir des systèmes plus efficaces ou innovants.

Par exemple, un **ingénieur** cherchant à améliorer le **refroidissement** d'un système électronique pourrait utiliser les pointeurs d'effets pour identifier des **effets thermiques** spécifiques (comme l'**effet Peltier** ou l'**effet Joule**) qui pourraient être appliqués dans son design. Ces **effets**, bien connus des **physiciens** et des **chimistes**, sont répertoriés et organisés de manière à ce que les **concepteurs** puissent facilement les intégrer dans leurs systèmes.

L'utilisation des **pointeurs d'effets** permet d'enrichir les solutions proposées en introduisant des **phénomènes** issus de domaines parfois éloignés du problème initial, mais qui offrent des réponses inattendues et efficaces.

Conclusion sur les outils TRIZ

Les **outils de la TRIZ** sont conçus pour aider les **inventeurs** et **ingénieurs** à aborder les problèmes techniques de manière systématique et méthodique. Que ce soit par la **résolution des contradictions techniques** avec la **matrice**, la **modélisation des interactions** avec l'**analyse substances-champs**, ou

l'exploitation des **effets physiques**, ces outils apportent des **cadres rigoureux** qui facilitent la **réflexion créative**.

Chacun de ces **outils** s'intègre parfaitement dans l'approche globale de la TRIZ, en permettant à l'utilisateur de naviguer entre les différentes étapes du processus d'**innovation**, tout en restant guidé par des **principes éprouvés**. En combinant ces outils de manière judicieuse, il devient possible de générer des **solutions novatrices**, souvent non intuitives, et de dépasser les **blocages** inhérents à la résolution de **problèmes complexes**. La **TRIZ**, à travers ses outils, offre ainsi une **boîte à outils complète** pour l'**innovation technique**, ancrée dans une **démarche scientifique rigoureuse**.

8. L'ARIZ

L'**ARIZ (Algorithme de Résolution des Problèmes Inventifs)** constitue le cœur méthodologique de la **TRIZ**. C'est l'un des outils les plus **complexes** et **puissants** de cette théorie, conçu pour résoudre les **problèmes inventifs** les plus difficiles. Contrairement aux autres outils de la **TRIZ**, tels que la **matrice des contradictions** ou les **standards inventifs**, qui offrent des solutions immédiates à des problèmes techniques courants, l'**ARIZ** est un **algorithme structuré** qui guide l'utilisateur dans la **résolution** de problèmes particulièrement **complexes**, souvent marqués par des **contradictions physiques** profondes et apparemment insolubles.

L'**ARIZ** ne se contente pas de proposer des **solutions directes**. Il aide à **reformuler le problème**, à le structurer de manière à révéler des **contradictions clés**, et à utiliser les **principes** de la **TRIZ** pour les surmonter. Il s'agit d'un **processus** en plusieurs étapes qui permet de passer d'une situation initiale ambiguë à la **découverte** d'une **solution inventive**.

Les étapes de l'ARIZ

L'**ARIZ** est divisé en plusieurs **étapes**, chacune jouant un rôle spécifique dans l'**analyse du problème** et sa résolution. Ces **étapes** sont **interconnectées** et permettent de progresser de manière **logique** et **ordonnée** vers une **solution inventive**. L'**ARIZ 85C**, dans sa version la plus aboutie, se compose de 39 étapes organisées en trois **phases principales** : la **formulation du problème**, la **résolution de la contradiction** et l'**évaluation de la solution**.

Phase 1 : Formulation du problème

Cette première **phase** consiste à **clarifier** et à structurer le problème pour identifier les **contradictions clés**. À ce stade, l'objectif est de rassembler les **informations nécessaires** sur le système étudié, d'identifier les **zones de conflit**, et de formuler une **contradiction physique** ou **technique**. Il s'agit d'une étape cruciale, car elle permet de poser les bases d'une **résolution structurée**.

L'utilisateur commence par définir clairement le **problème technique** qu'il cherche à résoudre, en le décrivant de manière précise et en identifiant les **paramètres impliqués**.

Il identifie ensuite la **zone opératoire** (là où le problème se manifeste) et la **période opératoire** (le moment où le problème se produit), en vue de réduire le problème à ses **éléments essentiels**.

Enfin, une **contradiction** est formulée, ce qui permet de concentrer les efforts sur la **résolution** de cette opposition apparente.

Phase 2 : Résolution de la contradiction

Une fois la **contradiction** formulée, l'**ARIZ** guide l'utilisateur à travers plusieurs étapes de **résolution**, en exploitant les **principes inventifs** et les **ressources** disponibles. Cette phase repose sur l'utilisation des outils et des concepts de la TRIZ pour surmonter les obstacles identifiés dans la phase précédente.

L'identification des ressources : À ce stade, l'utilisateur doit identifier toutes les **ressources** disponibles dans le système, qu'il s'agisse de **ressources matérielles, énergétiques**, ou encore d'**informations**. La **TRIZ** enseigne que souvent, la solution réside dans l'exploitation optimale de ces ressources, sans ajouter de nouveaux éléments extérieurs.

L'utilisation des principes inventifs : En utilisant les **40 principes inventifs** de la **TRIZ**, l'utilisateur peut générer plusieurs concepts de **solution** qui permettent de **résoudre la contradiction** sans compromis.

L'élimination des compromis : Contrairement à d'autres méthodes qui aboutissent souvent à des compromis, l'**ARIZ** pousse à la recherche d'une **solution idéale** où les deux **exigences opposées** sont satisfaites simultanément.

Phase 3 : Évaluation de la solution

La dernière phase consiste à **évaluer la solution** trouvée et à la vérifier pour s'assurer qu'elle **résout bien** la contradiction identifiée sans créer de nouveaux problèmes.

Validation technique : La solution doit être **vérifiée** en fonction des **critères techniques** et pratiques du système. L'utilisateur doit s'assurer que la **solution proposée** est réaliste et peut être mise en œuvre avec les **ressources disponibles**.

Évaluation de l'impact : Il est important d'évaluer l'**impact** de la solution sur l'ensemble du système. La **TRIZ** enseigne que la **résolution** d'une contradiction dans une zone opératoire peut entraîner des problèmes dans d'autres parties du système. Il est donc essentiel de s'assurer que la solution est bénéfique pour l'ensemble du système technique.

Mise en œuvre : Une fois la solution validée, elle peut être **mise en œuvre** dans le système réel. Si la solution ne répond pas pleinement au problème, l'**ARIZ** permet de revenir en arrière pour réexaminer certaines **étapes** ou réaffiner la contradiction initiale.

L'**ARIZ** : un processus flexible

L'**ARIZ** est conçu comme un **processus flexible**. Bien qu'il soit structuré en **étapes**, il est possible de revenir en arrière si des **contradictions supplémentaires** apparaissent. Cette flexibilité permet de réévaluer le problème et de l'affiner pour arriver à une **solution inventive** efficace.

De plus, l'**ARIZ** incite également à la persévérance, en encourageant l'utilisateur à explorer des **solutions multiples** et à utiliser des **ressources inattendues** dans le système technique.

Quand utiliser l'**ARIZ** ?

L'**ARIZ** est particulièrement utile lorsque les autres **outils de la TRIZ** ne suffisent pas. Il est destiné à résoudre des **problèmes complexes** caractérisés par des **contradictions physiques** ou **techniques profondes**. Par exemple, dans un contexte industriel, il peut être utilisé pour surmonter des **obstacles liés à la conception** de systèmes innovants avec des exigences **contradictoires** en termes de coût, de performance et de durabilité semblent insolubles.

Bien que l'**ARIZ** soit un outil puissant, il nécessite une **maîtrise avancée** de la **TRIZ**. Son utilisation demande une **compréhension approfondie** des principes de la **TRIZ**, ainsi qu'une capacité à **formuler** et à manipuler des **contradictions complexes**. C'est pourquoi l'**ARIZ** est souvent réservé aux **ingénieurs** et **inventeurs expérimentés** qui ont déjà une **connaissance solide** de la **TRIZ** et de ses outils plus basiques.

Conclusion sur l'**ARIZ**

L'**ARIZ** est l'un des outils les plus avancés de la **TRIZ**, et il permet de résoudre des problèmes techniques complexes en suivant un **algorithme structuré** et rigoureux. Il aide non seulement à **identifier** et à formuler les **contradictions**, mais aussi à les **résoudre de manière inventive**, en éliminant les compromis traditionnels. Bien qu'il soit exigeant en termes d'**apprentissage** et de mise en œuvre, il offre une méthode **systématique** pour aborder des **problèmes particulièrement difficiles** et pour explorer des **solutions innovantes**.

En permettant de **structurer** le processus de **résolution de problèmes** de manière claire et méthodique, l'**ARIZ** renforce l'efficacité de la **TRIZ** et constitue un complément indispensable aux autres outils de la théorie. Son **approche progressive** et rigoureuse aide à transformer des problèmes apparemment insolubles en **opportunités pour l'innovation**, tout en respectant les **principes fondamentaux** de la **TRIZ**.

9. Proposition d'une démarche de mise en œuvre de la TRIZ à travers un exemple

Bien que la **TRIZ** soit une théorie complexe, elle peut être décomposée en une **démarche procédurale** claire pour accompagner les inventeurs et ingénieurs dans leur recherche de solutions. Cette section propose un **processus générique** pour la mise en œuvre de la **TRIZ**, appliqué à la résolution de **problèmes techniques spécifiques**. Il s'agit d'une adaptation des **principes fondamentaux** de la **TRIZ**, structurée en plusieurs **étapes** qui permettent de progresser méthodiquement dans la recherche d'une solution inventive.

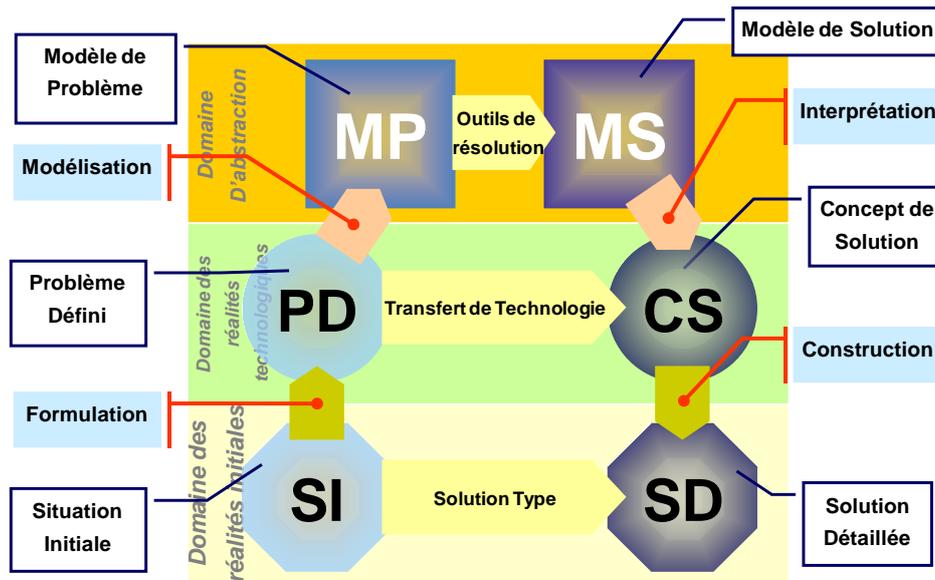


Figure 9 : Représentation d'un processus générique de mise en œuvre de la TRIZ

Un processus étape par étape

La **TRIZ** repose sur un **processus logique** et structuré qui aide à résoudre les **contradictions** tout en exploitant au mieux les **ressources disponibles** dans le système. Ce processus peut être décomposé en plusieurs **étapes principales**, de la situation initiale à la définition d'une **solution pratique et inventive**.

9.1. SI – Situation Initiale

Le processus commence par une description claire de la **situation initiale**. À ce stade, l'objectif est de **comprendre** le système technique étudié, les contraintes auxquelles il fait face, ainsi que les **éléments spécifiques** qui posent problème. Cette étape implique souvent la **collecte d'informations** sur le système, en identifiant ses composants, ses **ressources**, et les interactions qui existent entre eux.

9.2. Formulation du problème – SI-PD

Une fois la **situation initiale** analysée, il devient nécessaire de **reformuler le problème** de manière plus précise. La **TRIZ** encourage une formulation qui se concentre sur les **contradictions** à surmonter. À ce stade, des outils tels que l'**analyse multi-écrans** ou les **lois d'évolution** peuvent être utilisés pour clarifier les dynamiques qui influencent l'évolution du système et pour mieux comprendre les forces en jeu.

L'objectif est de réduire le problème à une **contradiction technique** ou **physique** identifiable, ce qui permet de guider la suite de l'analyse.

9.3. Modélisation – PD-MP

La **modélisation** consiste à abstraire le problème spécifique en termes de **paramètres génériques**. Cela permet de traduire le problème dans un langage plus universel, facilitant l'utilisation des **outils TRIZ** tels que la **matrice de résolution des contradictions** ou les **standards inventifs**. À ce stade, il est important de comprendre quels **paramètres techniques** sont en opposition et d'identifier des **principes inventifs** qui ont déjà été utilisés pour résoudre des contradictions similaires.

Par exemple, si le problème porte sur l'optimisation de la forme d'un objet pour améliorer sa performance tout en **minimisant son coût**, la modélisation permet de formuler cette contradiction sous forme de **paramètres techniques génériques**.

9.4. Modèle de problème – MP

Une fois que le problème a été modélisé en termes de **paramètres génériques**, l'étape suivante consiste à construire un **modèle de problème** qui décrit la **contradiction technique** ou **physique** en des termes précis. Cette modélisation permet de comprendre les **relations de cause à effet** qui existent entre les paramètres, et de visualiser comment les modifications apportées à un **paramètre** affectent les autres.

Ce modèle de problème sert de base pour explorer les différentes **solutions possibles**, en utilisant les **principes inventifs** ou en appliquant les **lois d'évolution** des systèmes techniques.

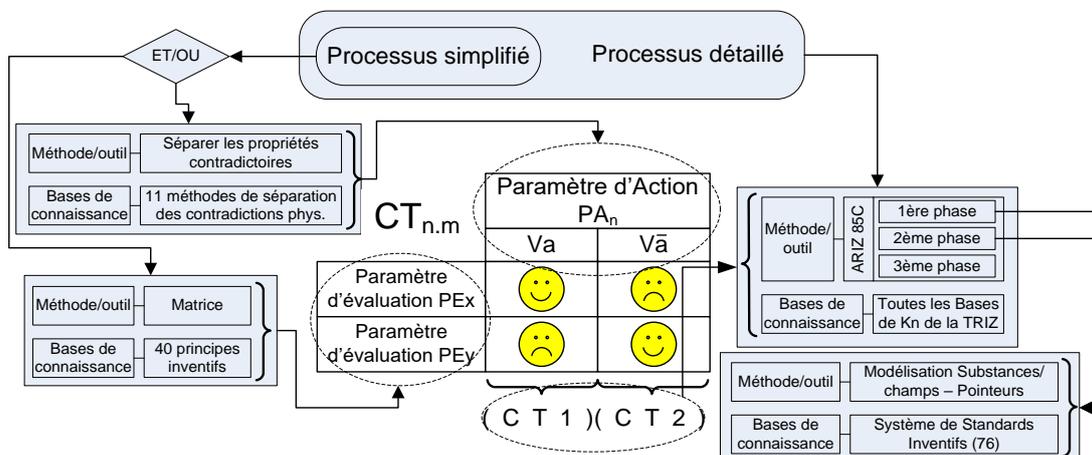


Figure 10 : Représentation du passage MP-MS selon la TRIZ

9.5. Modèle de solution – MP-MS

Le **passage du modèle de problème au modèle de solution** constitue une étape critique dans le processus de **résolution** de la TRIZ. À ce stade, les **solutions possibles** sont générées en s'appuyant sur les **principes inventifs**, les **standards inventifs**, ou en appliquant les **effets physiques** identifiés dans les bases de connaissances de la TRIZ.

L'objectif est de concevoir plusieurs **concepts de solution**, chacun visant à **surmonter la contradiction** sans compromis. Ces concepts sont ensuite **évalués** pour déterminer leur **faisabilité technique** et leur pertinence dans le contexte du problème étudié.

9.6. Concept de solution – MS-CS

Après avoir généré plusieurs **concepts de solution**, il est essentiel de les **interpréter** et de les affiner pour les adapter au problème spécifique. Cela peut impliquer des **ajustements mineurs** ou une **combinaison** de plusieurs **principes inventifs** pour parvenir à une solution optimisée.

Les concepts de solution sont ensuite **consignés** et **évalués** en fonction de leur capacité à **résoudre la contradiction** sans créer de nouveaux problèmes ou déséquilibres dans le système.

9.7. Solution Définie – SC-SD

L'étape finale consiste à **choisir la solution** qui répond le mieux au problème, en s'assurant qu'elle est **techniquement réalisable** et qu'elle optimise les performances du système sans entraîner de compromis indésirables. À ce stade, la solution est **validée** par des méthodes traditionnelles de conception, comme des **simulations**, des **prototypes**, ou des **tests réels**.

Cette phase marque la **transition de la théorie à la pratique**, où la solution inventive est mise en œuvre dans le **système réel**.

Exemple d'utilisation du processus TRIZ

Pour illustrer ce processus, prenons l'exemple d'une **reconception** d'un arrosoir, un objet du quotidien qui peut sembler simple mais qui présente plusieurs défis techniques. L'objectif est d'**améliorer la performance** de l'arrosoir, notamment en **réduisant l'effort nécessaire** pour le transporter et en contrôlant le **flux d'eau** pour une distribution plus précise.

9.7.1. SI – Situation Initiale

L'analyse initiale montre que l'**arrosoir traditionnel** présente plusieurs **limitations** : il est encombrant à transporter, nécessite un effort physique important pour verser l'eau, et le flux d'eau n'est pas toujours facile à contrôler.

9.7.2. Formulation du problème – SI-PD

Le problème est reformulé comme une **contradiction** : l'arrosoir doit être à la fois **léger** pour être transporté facilement et **suffisamment grand** pour contenir une quantité d'eau adéquate. De plus, le **flux d'eau** doit être ajustable pour arroser différentes plantes avec précision.

9.7.3. Modélisation – PD-MP

Les **paramètres spécifiques** de l'arrosoir sont traduits en termes de **paramètres génériques**. Par exemple, la **masse** de l'objet (paramètre technique) entre en contradiction avec le **volume d'eau** transporté (paramètre d'évaluation).

9.7.4. Modèle de problème – MP

Le **modèle de problème** met en évidence que l'arrosoir doit avoir un **grand volume** (pour transporter suffisamment d'eau) tout en étant **léger** et **facile à manipuler**. De plus, le **flux d'eau** doit être **ajustable** sans nécessiter de changements importants dans la structure de l'arrosoir.

9.7.5. Modèle de solution – MP-MS

En appliquant des **principes inventifs**, comme la **segmentation** (principe 1) ou l'**action périodique** (principe 19), des concepts de solution sont générés. Par exemple, il pourrait s'agir de **diviser l'arrosoir** en plusieurs compartiments pour équilibrer le poids, ou d'ajouter un **mécanisme de contrôle du débit d'eau** qui s'ajuste automatiquement en fonction de la pression exercée par l'utilisateur.

9.7.6. Concept de solution – MS-CS

Les concepts sont **affinés** pour concevoir un **arrosoir modulaire** qui se compose de plusieurs **réservoirs plus petits**, chacun ayant son propre mécanisme de **contrôle du flux**. Cette approche permet d'**alléger** l'arrosoir sans compromettre sa **capacité**, tout en offrant une meilleure gestion du **débit d'eau**.

9.7.7. Solution Définie – SC-SD

La solution finale consiste en un **arrosoir avec plusieurs réservoirs détachables** et un **système de distribution d'eau réglable**. Ce design améliore à la fois la **facilité de transport** et la **précision du flux d'eau**, tout en respectant les **contraintes de coût** et de **fabrication**.

Conclusion

Le processus TRIZ, tel qu'illustré dans cet exemple, offre une **démarche rigoureuse** pour aborder des **problèmes techniques complexes**. En suivant des **étapes structurées**, il est possible de formuler des **contradictions**, de générer des **concepts de solution novateurs** et de les affiner pour aboutir à des **solutions optimales**. Cette approche méthodologique garantit que les **solutions proposées** répondent pleinement aux **exigences techniques**, sans compromettre les **performances du système**.

10 La TRIZ est ses limites

Bien que la **TRIZ** soit une **théorie puissante** et largement reconnue pour sa capacité à résoudre des **problèmes inventifs complexes**, elle présente néanmoins certaines **limites**. Ces limitations sont liées à la **nature même** de la théorie, à son **apprentissage**, ainsi qu'à son **application** dans des contextes variés. Dans cette section, nous allons examiner ces **défis** et les situations dans lesquelles la TRIZ peut rencontrer des difficultés.

10.1 Maîtrise et apprentissage

L'un des obstacles majeurs à l'**adoption large** de la TRIZ réside dans sa **complexité**. En effet, la TRIZ nécessite un **temps d'apprentissage considérable** avant d'être maîtrisée pleinement. Les **concepts fondamentaux**, tels que les **lois d'évolution des systèmes techniques** et les **principes inventifs**, requièrent une **compréhension approfondie** pour être appliqués correctement. De plus, des outils plus avancés comme l'**ARIZ** demandent un niveau d'**expertise encore plus élevé**.

Cette complexité fait que beaucoup d'**ingénieurs** et de **concepteurs** trouvent difficile de s'approprier la TRIZ dans leur pratique quotidienne, d'autant plus qu'ils sont souvent sous pression pour produire des **résultats rapides**. Le **temps nécessaire** pour devenir compétent en TRIZ peut décourager certains praticiens, qui préfèrent utiliser des **méthodes plus intuitives** et directement applicables.

10.2 Complexité des situations

Un autre défi auquel fait face la **TRIZ** est sa capacité à traiter des **systèmes multidisciplinaires complexes**. Si la TRIZ est extrêmement efficace pour résoudre des **contradictions** dans des systèmes

bien définis, elle peut rencontrer des **difficultés** lorsqu'elle est appliquée à des systèmes impliquant des **interactions complexes** entre plusieurs domaines techniques ou scientifiques. Dans ces cas, les contradictions peuvent ne pas être aussi clairement **identifiables**, ce qui complique l'utilisation des outils TRIZ traditionnels.

En effet, la TRIZ est particulièrement adaptée aux systèmes techniques où les **contradictions** sont relativement simples et bien définies, mais elle peut être **moins efficace** lorsque les systèmes à analyser impliquent des processus **cognitifs, biologiques** ou **sociaux** complexes. Ces situations exigent souvent des **approches plus flexibles** et interdisciplinaires, qui vont au-delà des outils classiques de la TRIZ.

10.3 Manque de cohérence dans l'application des outils

La TRIZ, bien qu'elle soit une **théorie globale**, peut parfois sembler être une collection d'**outils déconnectés** plutôt qu'un cadre méthodologique parfaitement cohérent. Par exemple, l'**analyse multi-écrans** peut être utile pour visualiser les systèmes dans le temps, mais elle n'est pas directement liée aux **lois d'évolution**, ce qui peut entraîner une certaine **confusion** pour les utilisateurs. De plus, certains outils, tels que la **matrice des contradictions**, peuvent sembler trop rigides pour des situations où les **paramètres techniques** ne correspondent pas facilement aux catégories **génériques** proposées par la TRIZ.

Cette apparente fragmentation de la TRIZ peut entraîner une **utilisation partielle ou inadéquate** des outils, limitant ainsi leur **efficacité**. De nombreux utilisateurs pourraient bénéficier d'une **meilleure intégration** des différents outils TRIZ, afin de fournir une approche plus **fluide** et **intuitive** pour résoudre des **problèmes complexes**.

10.4 Le rôle des compromis

L'un des **principes centraux** de la TRIZ est de **résoudre les contradictions** sans faire de compromis, c'est-à-dire en trouvant une solution qui **satisfait toutes les exigences opposées** sans sacrifier l'une au profit de l'autre. Toutefois, dans de nombreuses **situations réelles**, les **compromis** sont inévitables, en particulier lorsque les **ressources disponibles** sont limitées ou lorsque les **délais** sont contraints.

Dans ces contextes, la TRIZ peut apparaître comme **trop idéaliste**, car elle pousse à chercher des **solutions parfaites** qui ne sont pas toujours réalisables dans la **pratique**. Cela peut **décourager les utilisateurs** qui préfèrent des méthodes plus **pragmatiques**, où des compromis acceptables sont considérés comme une étape normale du **processus de conception**.

10.5 Les situations adaptées à la TRIZ

Malgré ses limites, la **TRIZ** reste extrêmement efficace dans des **situations spécifiques**, notamment lorsque les **systèmes techniques** ont atteint un **plateau d'optimisation**, c'est-à-dire lorsque chaque nouvelle amélioration entraîne des **effets indésirables** sur d'autres parties du système. Dans ces cas, la **TRIZ** excelle à identifier les **contradictions** qui bloquent le progrès et à proposer des **solutions inventives** qui permettent de **surmonter ces obstacles**.

De plus, la TRIZ est particulièrement utile lorsque **toutes les solutions techniques connues** ont été explorées sans succès. En fournissant un **cadre** pour analyser les contradictions et en **tirant parti** des connaissances provenant d'autres domaines techniques, la TRIZ peut apporter des **solutions inattendues** et novatrices.

10.6 Les situations où la TRIZ est moins adaptée

En revanche, la TRIZ n'est pas toujours la méthode la plus adaptée pour les situations où les **compromis sont inévitables** et où l'entreprise ou l'équipe de conception cherche simplement à atteindre une **solution rapide** et **fonctionnelle**. Dans ces cas, des méthodes plus **intuitives** et moins théoriques peuvent être préférées.

De même, la TRIZ est moins adaptée pour la **recherche de causes profondes** dans des **systèmes mal définis** ou des contextes où les **contradictions** sont difficiles à identifier. Dans ces situations, où le **problème** n'est pas **clairement formulé** ou les **paramètres** sont flous, d'autres approches, telles que les **méthodes d'analyse des causes profondes** (par exemple, la méthode des **5 pourquoi** ou l'analyse de **Pareto**), peuvent offrir de **meilleurs résultats**.

Perspectives actuelles et futures pour un nouveau cycle de vie de la TRIZ

Les tentatives récentes d'**associer la méthode TRIZ** avec l'**intelligence artificielle (IA)** et les technologies d'**engineering prompt** s'inscrivent dans une dynamique d'**amélioration de l'assistance à l'invention**. TRIZ, fondée sur la **résolution systématique** de problèmes inventifs, se prête bien à l'**automatisation par IA**, car ses concepts comme les **contradictions**, les **principes inventifs** et la recherche de **ressources** peuvent être codifiés et utilisés pour **générer des solutions** nouvelles à partir de vastes **bases de données techniques**. L'idée est de permettre à des modèles d'IA d'**analyser des problèmes complexes**, d'**identifier des contradictions** et de **proposer des solutions** en se basant sur des millions de **brevets, articles scientifiques** et innovations documentées.

Cependant, l'**intégration de TRIZ** avec l'IA présente plusieurs **défis**, notamment en ce qui concerne la **capacité des modèles d'IA** actuels, comme les **LLM (Large Language Models)**, à comprendre en profondeur les **nuances des systèmes techniques** et des **contradictions complexes**. Les LLM, bien qu'efficaces pour **générer du texte** basé sur des instructions (prompt engineering), atteignent souvent des **limites** lorsqu'il s'agit de traiter des **problèmes techniques** de manière **créative** et **pertinente**. Les prompts, qui demandent de l'IA d'analyser ou de proposer des solutions TRIZ, peuvent **manquer de précision** sans un **fine-tuning** spécifique des modèles. Ce fine-tuning permettrait à l'IA d'acquérir une **compréhension plus fine** des lois d'évolution des systèmes et des **principes inventifs** de TRIZ, en renforçant sa capacité à fournir des solutions **adaptées et transdisciplinaires**.

Pour améliorer encore cette **collaboration entre TRIZ** et l'IA, certains chercheurs suggèrent de fine-tuner les LLM avec des **jeux de données spécifiques à TRIZ**, incluant des **descriptions de systèmes techniques**, des **contradictions documentées** et des **solutions inventives** déjà trouvées. Cela pourrait permettre aux **modèles d'IA** de ne pas seulement **générer des idées génériques**, mais aussi de proposer des solutions **techniques innovantes** en respectant les **méthodologies de TRIZ**. D'autres propositions incluent l'**intégration de modèles hybrides** qui combinent les capacités de **recherche de données** en profondeur avec des **algorithmes d'apprentissage** pour comprendre et formuler des contradictions **complexes à la manière humaine**.

L'objectif ultime serait de faire évoluer TRIZ vers une démarche **idéale d'assistance à l'invention**, où l'IA, au lieu de remplacer l'inventeur humain, le **soutiendrait** en accélérant la génération d'idées et en aidant à dépasser les **limitations cognitives** humaines. Une telle approche pourrait **révolutionner** la conception inventive en permettant aux **ingénieurs** d'explorer rapidement des **solutions au-delà** de leur domaine de spécialisation, tout en assurant que chaque solution proposée respecte les **principes d'optimisation** et de **durabilité** propres à TRIZ.

Conclusion

En conclusion, la TRIZ est un **outil puissant** qui apporte une méthodologie unique pour **résoudre des problèmes inventifs complexes**. Cependant, son **apprentissage** et sa mise en œuvre demandent une **expertise certaine**, et elle est plus adaptée aux situations où les **contradictions techniques** sont bien définies et les **compromis** ne sont pas acceptables. Bien que certaines **limites** existent, notamment en ce qui concerne la **complexité** des situations et l'apparente **fragmentation** de ses outils, la TRIZ reste une **référence incontournable** pour les ingénieurs et inventeurs qui cherchent à dépasser les **approches conventionnelles** et à générer des **solutions véritablement innovantes**.

11. Conclusion

La **TRIZ**, en tant que **théorie de la résolution des problèmes inventifs**, s'est affirmée comme un **outil précieux** dans le paysage de **l'innovation technologique**. En offrant un **cadre méthodologique rigoureux**, elle permet aux **ingénieurs, inventeurs** et **chercheurs** de dépasser les approches conventionnelles pour aborder les **problèmes complexes** de manière **systématique** et **innovante**. Basée sur des **principes théoriques** bien définis et une **analyse approfondie** des processus inventifs, la TRIZ se distingue par sa capacité à fournir des solutions qui évitent les **compromis** et favorisent **l'innovation**.

Cependant, comme nous l'avons vu, la TRIZ n'est pas sans **limites**. Son **apprentissage** exige du temps et des efforts considérables, et son application peut se révéler **difficile** dans des contextes **multidisciplinaires** ou lorsque les paramètres des **systèmes étudiés** ne sont pas clairement définis. La TRIZ excelle dans des environnements techniques bien **structurés**, où les **contradictions** peuvent être identifiées et où l'objectif est de trouver des solutions **optimales** sans sacrifier certains aspects du système. Elle est moins adaptée dans les contextes où les **compromis** sont inévitables ou lorsque des solutions **rapides** et **pragmatiques** sont recherchées.

L'un des apports majeurs de la TRIZ est sa capacité à dépasser les **méthodes de conception** traditionnelles. En se concentrant sur la **résolution des contradictions** et en intégrant des **connaissances** issues de divers domaines **scientifiques** et **techniques**, elle offre une nouvelle perspective sur **l'innovation**. Cela la rend particulièrement utile dans les industries où **l'innovation** est cruciale, notamment dans les secteurs de la **technologie**, de la **mécanique**, et de **l'ingénierie**. Les entreprises qui ont su intégrer la TRIZ dans leurs **processus de développement** ont souvent constaté des résultats significatifs, en termes à la fois d'amélioration de produits et de **réduction des coûts**.

Toutefois, la TRIZ gagnerait à être davantage **vulgarisée** et **simplifiée** pour être plus accessible à un plus grand nombre de professionnels. La **complexité** de certains de ses outils, comme l'**ARIZ**, et la **fragmentation** apparente de ses méthodes peuvent freiner son adoption à grande échelle. Il serait

bénéfique d'améliorer l'**intégration** de ses différents outils pour en faire une méthode plus **fluide** et **intuitive**.

En définitive, la **TRIZ** reste un outil **incontournable** pour ceux qui cherchent à repousser les limites de l'**innovation**. Elle fournit un **cadre solide** pour aborder des problèmes **techniques complexes** et aide à surmonter les **obstacles** qui limitent souvent l'**invention**. Son application demande certes une **formation** et un engagement significatifs, mais elle permet, une fois maîtrisée, de générer des **solutions véritablement novatrices**. Alors que l'industrie continue de se transformer, la **TRIZ** demeurera une méthode précieuse pour ceux qui cherchent à rester à la pointe de l'**innovation**, tout en garantissant une **rigueur méthodologique** et un esprit d'**inventivité**.