

2013-2014

Cycle Ingénieur, 1ère année

Semestre 6

Stage à l'étranger



# Aventure sibérienne

Roche Maxime

Sous la direction de Mme  
Shamina Olga

# ENGAGEMENT DE NON PLAGIAT

Je, soussigné Roche Maxime,  
déclare être pleinement conscient(e) que le plagiat de documents ou d'une  
partie d'un document publiée sur toutes formes de support, y compris l'internet,  
constitue une violation des droits d'auteur ainsi qu'une fraude caractérisée.  
En conséquence, je m'engage à citer toutes les sources que j'ai utilisées  
pour écrire ce rapport ou mémoire.

signé par l'étudiant(e) le 22 / 08 / 2014



**Cet engagement de non plagiat doit être signé et joint  
à tous les rapports, dossiers, mémoires.**

ISTIA  
62 Avenue Notre-Dame du Lac  
49000 Angers cedex  
Tél. 02 44 68 75 00 | Fax 02 44 68 75 01





# REMERCIEMENTS

Je souhaite tout d'abord remercier mon maître de stage, le professeur Olga Shamina, pour son accompagnement tout au long de ces trois mois.

Je tiens également à remercier toute l'équipe pédagogique de l'ISTIA et plus particulièrement Laurent Saintis, Pascal Crubleau, Karine Dolet et Michel Landron pour leur aide et leur accompagnement qui m'ont permis de vivre cette expérience unique.

Un grand merci également à Anna Demihova du bureau des relations internationales de TPU pour s'être toujours rendue disponible à la moindre de mes questions.

Je remercie aussi tous les étudiants russes et étrangers qui m'ont aidé, accueilli et permis de partager des moments inoubliables avec eux.

Enfin, merci à Camille Souhard pour avoir vécu cette aventure avec moi.



## Sommaire

Introduction .....	6
Mission de stage.....	7
1 Un apprentissage des méthodes .....	7
.1.1. Synectique et inertie psychologique .....	7
.1.2. Analyse morphologique .....	7
.1.3. TRIZ.....	8
2 Analyse finale.....	9
3 Conclusion .....	10
Analyse d'un étonnement.....	11
4 Des atouts certains.....	11
.4.1. Les universités.....	11
.4.2. Un pôle d'innovation .....	11
.4.3. Une modernisation de la ville.....	12
.4.4. La richesse du sol .....	12
5 Des freins au développement .....	13
.5.1. Une zone géographique difficile .....	13
.5.2. Les vestiges de l'URSS.....	13
.5.3. Une pauvreté encore présente .....	13
6 Bilan sur la problématique .....	14
Conclusion.....	15
Annexe 1 - Les lois d'évolution.....	16
Annexe 2 - Diagramme de phase du CO2.....	17
Bibliographie .....	18

# Introduction

Nasdrovia ! Voici le seul mot russe que je connaissais il y a quelques mois à peine. Signifiant « Santé ! », on rencontre très souvent cette expression dans les films américains où les personnages russes se doivent de la prononcer d'un fort accent, un verre de Vodka à la main. Tout est effectivement bon afin de graver les sacro-saints stéréotypes dans les esprits.

C'est donc en Russie et plus précisément à Tomsk, ville sibérienne, que s'est déroulé mon stage de 3<sup>ème</sup> année dans le cadre de ma formation d'ingénieur dispensée par l'ISTIA. Située à une distance de plus de 5500 km d'Angers, l'université polytechnique de Tomsk fut ma destination. C'est dans cette institution, et ce durant trois mois, qu'eut lieu mon stage axé sur les méthodes de résolution de problèmes inventifs. Ainsi, ma mission de stage fut caractérisée par un travail sur les différentes manières de surmonter des problèmes techniques sur des systèmes variés, tout en stimulant l'innovation dans les solutions apportées. Du fait de ma spécialisation en option Innovation à l'ISTIA, l'intérêt de ce stage était donc d'autant plus élevé pour moi.

Le but d'un tel stage ne se limite cependant pas qu'à l'aspect scolaire ou professionnel. C'est également l'occasion de découvrir un nouveau pays, une nouvelle culture permettant une expérience unique sur de nombreux plans. C'est ce que m'apporta Tomsk, pourtant isolée et perdue en pleine Sibérie. Effectivement, j'ai pu vivre pendant trois mois dans une ville bien différente sur de nombreux points en comparaison de nos agglomérations françaises. Tomsk oscille entre les bâtiments datant de l'URSS et les édifices modernes. La ville est imprégnée par le passé et une grande partie de la population est nostalgique des années communistes. Pour autant, Tomsk ne se renferme pas dans cette époque que certains qualifieront de révolue. La ville a un regard ambitieux vers l'avenir et met tout en œuvre afin de devenir un centre névralgique de la Russie de par de nombreux investissements.

Je me suis donc demandé : **Tomsk est-elle en mesure de devenir un pôle de richesse de la Russie ?**

Dans la première partie de ce rapport j'aborderai la mission réalisée durant ce stage et les différentes notions acquises. Puis, dans une seconde partie, je m'efforcerai de répondre à la problématique.

# Mission de stage

Durant trois mois, j'ai effectué un stage au sein du département « Engineering Entrepreneurship » de l'université polytechnique de Tomsk. Ce dernier avait pour but d'étudier les différents moyens de résolution de problèmes techniques tout en innovant. Le stage fut découpé en deux phases. La première correspondait à un travail d'apprentissage des diverses méthodes utilisées afin de résoudre des problèmes techniques. La seconde, quant-à-elle, était caractérisée par la réalisation d'une présentation orale finale devant apporter une solution pour un cas spécifique. Nous verrons donc dans cette partie les deux étapes qui récapitulent mon stage en laboratoire universitaire.

## 1 Un apprentissage des méthodes

Une partie importante du stage fut consacrée à un travail sur les différentes méthodes qu'un ingénieur peut mettre en place afin de surmonter un problème technique, le but étant également de favoriser l'innovation dans les solutions apportées.

### .1.1. Synectique et inertie psychologique

Ainsi, j'ai notamment travaillé sur la synectique avec Camille Souhard, l'autre étudiant de l'ISTIA faisant son stage à l'université polytechnique de Tomsk. Cette méthode sert à stimuler la créativité en regardant le problème sous un nouvel angle. On utilise alors le principe des analogies en transposant par exemple la situation problématique dans un monde imaginaire. Les barrières « scientifiques » sont alors abattues et il est ainsi possible de réfléchir à des solutions sans avoir des freins liés à la réalisabilité de celles-ci. De la même manière, on peut utiliser l'analogie personnelle en imaginant être un élément du problème et ainsi analyser l'influence que l'on a au sein du système étudié. Nous avons donc appliqué cette méthode dans plusieurs cas très variés afin de stimuler notre créativité et éviter l'inertie psychologique. Ce dernier terme, vu également durant notre stage, caractérise l'ensemble des blocages psychologiques que l'on peut avoir lorsque l'on est confronté à un problème technique. Par exemple, le fait d'avoir des compétences dans tel domaine peut nous empêcher de réfléchir à des solutions qui nécessitent des connaissances dans un autre domaine. De ce fait, nous n'explorons pas toutes les possibilités qui s'offrent à nous.

### .1.2. Analyse morphologique

L'analyse morphologique est également une méthode visant à permettre l'émergence de la solution la plus pertinente possible vis-à-vis d'une situation donnée. Le but est de trouver une multitude de solutions au cas considéré et de combiner certains éléments qui les composent entre eux. Cela permet ainsi la construction d'un « scénario » qui peut par exemple emprunter les meilleurs composants des différentes solutions afin de les combiner ensemble pour obtenir, dans le meilleur des cas, la « solution idéale ».

J'ai par exemple pu travailler sur le cas d'une réalisation d'une maison située en bord de mer, sur un terrain rocheux. Dans cette situation, il m'a fallu trouver les différentes solutions que l'on pouvait mettre en place pour



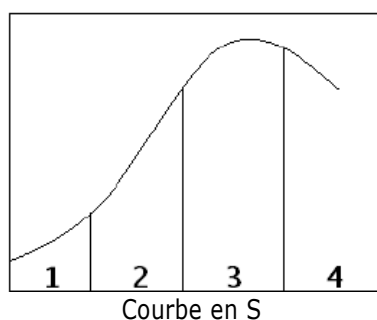
différents éléments vitaux qui composent une habitation (système de chauffage, consommation énergétique, isolation, etc). Par la suite, j'ai dû déterminer la meilleure combinaison (ou scénario) possible en prenant en compte l'environnement extérieur (présence de la mer, vent, sol rocheux, etc).

### .1.3. TRIZ

On peut traduire TRIZ par la « théorie de résolution des problèmes inventifs » (Teorija Reshenija Izobretateliskih Zadatch en russe). Cette méthode, ayant comme pays d'origine la Russie, a pour but la résolution des problèmes techniques tout en cherchant à stimuler la créativité pour favoriser l'innovation dans les solutions apportées. Camille et moi avons donc pu étudier en détail cette théorie dans l'objectif de l'utiliser pour la résolution de divers problèmes caractérisant des systèmes techniques.

#### .1.3.1. Courbe en S et lois d'évolution

TRIZ est étroitement liée à ce qu'on appelle la « courbe en S » (S-curve en anglais). Cette courbe représente l'évolution du développement d'un système au cours de sa vie. De par l'analyse de ce graphe, on peut découper le développement d'un système en quatre périodes fondamentales.



Période 1 : Naissance

Période 2 : Développement

Période 3 : Maturité

Période 4 : Mort

Courbe en S

La première période correspond donc à la naissance du système. A ses débuts, ce dernier n'est pas encore au point mais évolue malgré tout en corrigeant ses faiblesses.

La seconde période représente le développement du système. Durant celle-ci, les performances du système augmentent grâce à un travail d'optimisation sur ce dernier. Le but est une amélioration continue du système.

La troisième période correspond à la fin du développement du système. Des optimisations sont toujours effectuées mais de manière beaucoup moins marquante par rapport au deuxième stage d'évolution. Le système devient donc mature.

La quatrième période représente la fin de vie du système. Dépassé, le système meurt mais peut également devenir le point de départ d'une courbe en S d'un nouveau système, né grâce notamment à une innovation.

TRIZ fait également mention de lois d'évolution. En effet, cette méthode nous informe que tout système technique évolue au cours de son existence et est soumis à 8 lois fondamentales. La connaissance de ces différentes lois permet ainsi de développer plus facilement le système au cours de sa vie. On peut donc « anticiper » les évolutions du système et donc les possibles innovations que l'on peut mettre en place afin de l'améliorer et/ou le perfectionner.

Il est ainsi possible de faire un parallèle avec la S-curve, puisque ces lois se répartissent sur cette courbe qui représente le développement d'un système technique. En outre, on peut également séparer ces lois en trois groupes distincts : les lois statiques, les lois cinématiques et les lois dynamiques<sup>1</sup>.

Ce stage m'a ainsi permis de travailler sur ces lois grâce à l'étude d'un système : le bateau. Effectivement, après avoir analysé l'évolution de ce transport au cours de sa vie, et donc sa courbe en S, j'ai dû caractériser et expliciter les lois régissant ce système. De la même manière, Camille et moi avons étudié la S-curve et les lois d'évolution de l'entreprise Nokia. Il est en effet possible de transposer ces modèles d'analyse à une entité plus « abstraite », à savoir une société. De plus, l'étude de cette entreprise en particulier fut très intéressante puisqu'on peut considérer que Nokia a atteint le 4<sup>ème</sup> stage d'évolution et voit une nouvelle courbe en S se profiler.

### **.1.3.2. Contradictions et matrice**

TRIZ met en exergue quarante principes différents qui sont généralement employés afin de résoudre un problème technique pour tout type de système. En outre, on peut ramener la plupart du temps ce problème à la contradiction entre plusieurs paramètres qui composent le système. La solution du problème ne fait donc que mettre fin à ce conflit. Grâce à ces principes il est donc possible de lever une ou plusieurs contradictions qui nuisent au système.

Lors de la mise en évidence d'une contradiction, il est possible d'utiliser la Matrice TRIZ afin que celle-ci génère le ou les principes qui peuvent mettre fin à ce type de conflit. Il faut ainsi renseigner les deux paramètres en contradiction puis la matrice nous propose les principes qui peuvent aider à solutionner le problème.

J'ai ainsi pu travailler sur de multiples problèmes techniques nécessitant la mise en évidence des contradictions, l'utilisation de la matrice TRIZ et la réflexion au sujet d'une solution possible (fuite dans un haut-fourneau, problème dans la production d'ampoules médicales, fissures dans un système de refroidissement, etc).

## **2 Analyse finale**

Après avoir étudié les différentes méthodes de résolution de problèmes, nous avons pu les utiliser afin de résoudre la situation suivante : Pour la construction d'un barrage ou d'une station hydroélectrique, il est nécessaire de mettre en place un processus de « destruction » des roches sous-marines afin de pouvoir bâtir les fondations de ladite structure. Il faut cependant trouver une autre méthode que l'utilisation d'explosifs puisque ceux-ci peuvent fragiliser les fonds marins de par l'explosion provoquée. Un processus remplaçant les explosifs doit donc être trouvé tout en permettant sa mise en place rapide avec un coût peu élevé.

Nous avons donc utilisé les différentes méthodes vues précédemment dans le but de trouver une solution respectant le cahier des charges. En outre, ce travail nous demanda un long travail de recherche afin de comprendre en détail les mécanismes caractérisant l'utilisation des explosifs dans le minage sous-marin. Nous avons également effectué des recherches sur d'autres processus pouvant remplacer les explosifs dans la destruction d'une surface rocheuse immergée. Afin de pouvoir proposer une solution, il est en effet nécessaire

---

<sup>1</sup> Voir Annexe 1

d'analyser de manière approfondie le problème et de comprendre tous les éléments qui le composent. Grâce à cette étude détaillée, nous avons pu dégager plusieurs contradictions techniques schématisant au mieux le problème. De ce fait, nous avons mis en évidence le point suivant : Il est impératif de garder l'atout majeur de l'explosif, à savoir sa puissance, tout en éliminant ses effets néfastes comme l'onde de choc provoquée qui entraîne une fragilisation des sols sous-marins.

Après avoir utilisé les différents moyens mis à notre disposition pour résoudre ce problème, nous avons pu trouver une solution tout en respectant le cahier des charges. L'idée est d'utiliser le dioxyde de carbone. Effectivement, il suffit de percer des trous à différents endroits dans la roche puis d'injecter du CO<sub>2</sub> sous forme liquide. Il est par exemple possible de placer le CO<sub>2</sub> dans une bonbonne de la même manière qu'un extincteur. Il suffit par la suite de chauffer le dioxyde de carbone liquide avec une résistance chauffante pour qu'il puisse passer de l'état liquide à l'état gazeux. En le libérant dans la roche, le gaz, qui s'expand par suite d'un changement d'état<sup>2</sup>, va briser la roche du fait d'une pression particulièrement élevée. Le dioxyde de carbone est un élément facile à trouver et peu cher. Une utilisation comme celle-ci ne provoque en outre aucune onde de choc comme peut le faire l'explosif.

### 3 Conclusion

Cette mission fut particulièrement intéressante pour moi. J'ai ainsi pu apprendre de nouvelles méthodes et utiliser de nouveaux outils liés au domaine de l'innovation. Cela conforte également mon choix de vouloir poursuivre dans cette filière proposée par l'ISTIA. Le stage fut également l'occasion de pratiquer de manière intensive l'anglais. Effectivement, les nombreux échanges avec mon maître de stage se faisaient exclusivement dans la langue de Shakespeare et le fait d'avoir eu à réaliser de nombreuses présentations orales liées aux méthodes apprises m'a permis d'améliorer ma prononciation et d'enrichir mon vocabulaire technique.

---

<sup>2</sup> Voir Annexe 2

## Analyse d'un étonnement

Ce stage fut donc pour moi l'occasion de découvrir Tomsk, aujourd'hui ville méconnue mais à l'appétit grandissant. En effet, la ville ne cache pas ses ambitions de devenir un lieu d'investissements incontournable en Russie. Tomsk est ainsi déterminée à être, dans les prochaines années, une ville d'importance dans un pays qui a tendance à l'ignorer. Je me suis donc posé la question suivante : la ville est-elle en mesure de devenir un pôle de richesse de la Russie ? Nous répondrons à cette interrogation avec, dans une première partie, les atouts qui peuvent lui faire prétendre à ce titre puis, dans une seconde partie, les freins à un tel développement.

### 4 Des atouts certains

Tomsk dispose de sérieux atouts pouvant lui faire atteindre ses objectifs en matière de développement économique. Du fait de son fort potentiel, Tomsk est une ville qu'il faudra surveiller dans les prochaines années.

#### .4.1. Les universités

Afin de réaliser ses ambitions, Tomsk peut compter sur son pôle universitaire, particulièrement performant et très impressionnant pour un étudiant angevin comme moi. En effet, la ville dispose de deux établissements classés dans le Top 10 des universités russes selon le Ministère de l'éducation de Russie : l'université polytechnique de Tomsk (TPU) et l'université d'Etat de Tomsk (TSU). Les formations proposées par ces deux structures sont variées et incluent des départements d'étude spécialisés dans des domaines avancés comme le nucléaire, le pétrole, la cybernétique ou encore les nanotechnologies. De ce fait, Tomsk dispose d'un pôle de recherche et d'enseignement supérieur très performant et donc d'un levier de croissance particulièrement fort. En outre, le président russe Vladimir Poutine a fait part de sa volonté de voir d'ici 2020 5 établissements russes dans le classement de Shanghai des 100 meilleures universités mondiales. Ainsi, TSU et TPU sont devenues des partenaires privilégiés avec le gouvernement russe qui investit énormément d'argent dans celles-ci afin qu'elles deviennent compétitives sur le plan mondial. Grâce notamment à ces subventions, TPU dispose chaque année de plusieurs dizaines de millions d'euros alloués juste pour son budget de R&D. La ville de Tomsk possède donc un pôle universitaire stratégique et vital pour permettre son développement à l'échelle nationale et internationale.

#### .4.2. Un pôle d'innovation

Depuis quelques années, Tomsk met tout en œuvre afin d'attirer capitaux et investisseurs pour développer son technopôle. Le pari semble gagné puisque la ville est devenue l'un des pôles majeurs d'innovation en Russie. En effet, la région de Tomsk compte aujourd'hui plus de 500 entreprises innovantes et favorise la création de start-up avec notamment des avantages fiscaux. De ce fait, la croissance annuelle du nombre de ces « jeunes pousses » atteint les 15 % et ne semble pas prête de s'arrêter. De plus, la ville redouble d'efforts afin de renforcer son pôle innovation et développe avec l'aide d'un fond d'investissement russe un incubateur d'entreprises innovantes. Les domaines d'activités visés par ce programme d'accompagnement sont variés mais

concernent cependant des secteurs stratégiques comme la biotechnologie, les nouveaux matériaux ou encore les technologies de l'information. Tomsk peut également compter sur ses universités dont TPU qui travaille sur de nombreux projets innovants avec les entreprises nouvellement créées. Tout est donc fait afin de favoriser le développement économique de la région et concurrencer Moscou sur le terrain des entreprises innovantes. La capitale a en effet tendance à s'accaparer tous les investissements pour développer sa propre « Silicon Valley » mais Tomsk fait tout pour se faire entendre. La ville sibérienne a ainsi mis en place depuis de nombreuses années un forum annuel sur l'innovation baptisé « Innovus ». Cet évènement, rassemblant plusieurs milliers de personnes, accueille une multitude de conférences liées à l'innovation et permet la rencontre entre entreprises, start-up, universités et experts internationaux.

### **.4.3. Une modernisation de la ville**

Afin de pouvoir attirer capitaux, partenaires financiers et investisseurs étrangers, la ville a mis en place un programme de modernisation urbaine. Ainsi, d'ici 2020, il est prévu la création d'un nouveau quartier moderne pouvant accueillir 300 000 personnes. Le gouvernement de la région a pour objectif de découper la ville en trois zones : le quartier historique, le quartier résidentiel moderne et le quartier d'affaire dédié aux entreprises et start-up. Ce programme a pour principal but de rendre la ville attractive pour les investisseurs russes et étrangers et ainsi mettre un terme à son isolement et aux railleries des villes de l'Ouest russe qui considèrent la Sibérie comme dénuée d'intérêt.

### **.4.4. La richesse du sol**

Un sérieux atout de la région de Tomsk concerne la richesse de son sol. En effet, elle peut compter sur des réserves de pétrole abondantes lui permettant d'avoir toute une industrie pétrolière sur son territoire. Ce type d'activité est particulièrement important pour Tomsk puisque c'est une manne financière considérable et une industrie qui emploie énormément de personnes. En outre, la région exploite également le gaz présent dans ses terres grâce à l'entreprise russe Gazprom, premier exportateur de cette ressource au monde. Du fait de partenariats entre les universités de la région et les industries pétrolières et gazières, Tomsk voit de nombreux étudiants diplômés travailler par la suite dans ces secteurs stratégiques. On peut citer l'exemple de l'université polytechnique de Tomsk qui dispose de plusieurs départements d'étude spécialisés dans la recherche et l'exploitation de ces ressources. La coopération entre cette structure publique et les entreprises privées se fait donc naturellement et permet à la ville d'être un pôle énergétique dynamique de la Russie. Ainsi, grâce à ces industries aux profits colossaux, Tomsk peut aborder sereinement l'avenir concernant son développement car elle dispose d'importants relais de croissance dans l'énergie, domaine clé à l'heure actuelle.

Tomsk dispose donc de plusieurs atouts lui permettant de se développer au niveau national mais également international. Cependant, certains points faibles peuvent freiner les ambitions grandissantes de la ville.

## 5 Des freins au développement

Tomsk s'investit énormément dans son développement afin de pouvoir être reconnue dans le futur comme une ville russe d'importance. Néanmoins, la ville doit faire face à plusieurs contraintes pouvant nuire à ses ambitions.

### .5.1. Une zone géographique difficile

Étant donné que la ville est située en pleine Sibérie, Tomsk n'a pas la situation géographique la plus aisée pour prospérer de manière sereine. L'isolement de la ville est un frein non négligeable à son développement économique puisque les voies d'accès – et donc de commerce – ne sont pas les plus faciles d'emprunt. En outre, l'épicentre des investissements financiers se situant dans l'Ouest de la Russie avec Moscou et Saint-Pétersbourg, Tomsk doit redoubler d'efforts afin d'attirer capitaux russes et étrangers.

En plus de sa localisation géographique, la Sibérie est également connue pour son climat particulièrement difficile. En effet, Tomsk doit faire face chaque année à un hiver extrêmement rude avec une température moyenne de -20°C mais qui peut atteindre par moment les -40°C. Dans ces conditions, attirer investissements et capitaux étrangers peut s'avérer difficile, ces températures provoquant souvent un certain recul des occidentaux.

### .5.2. Les vestiges de l'URSS

Lorsque l'on pénètre pour la première fois dans Tomsk, on est tout de suite surpris par le parfum du passé qui s'en dégage encore. La ville est fortement marquée par des infrastructures datant de l'URSS. De par la présence de faucilles et marteaux sur les façades de nombreux bâtiments, on se rend immédiatement compte de l'héritage qu'a laissé la période soviétique. Beaucoup d'édifices sont dans un état de délabrement avancé, accusant le coup des années et du climat sibérien. Les moyens de transport publics ne sont pas en reste puisque eux aussi n'ont pas été renouvelés depuis la période de la guerre froide. On assiste alors à un balai de bus plus vieux les uns que les autres. La ville a donc beaucoup à faire afin de se moderniser et de pouvoir prétendre à un titre de pôle d'influence en Russie. Il est cependant parfois difficile de remplacer certains bâtiments du fait qu'ils soient les vestiges des années communistes, période encore très présente dans les esprits des russes dont beaucoup en sont nostalgiques.

### .5.3. Une pauvreté encore présente

Une partie de la population de la ville est toujours très pauvre et montre que Tomsk a encore fort à faire afin de se développer économiquement. Du fait d'un salaire moyen de l'ordre de 700 euros mensuel en Russie, les personnes rémunérées sous ce niveau éprouvent beaucoup de difficultés à vivre de manière « correcte » et ont pour cette raison un pouvoir d'achat très faible. Afin que Tomsk puisse prospérer, de profonds changements sont donc à réaliser à ce niveau. On constate ainsi que le salaire moyen à Moscou est près de deux fois supérieur à la moyenne russe. Il faut néanmoins nuancer ce propos puisque le coût de la vie est nettement plus élevé dans la capitale. Malgré tout, cela montre que Tomsk doit poursuivre ses efforts de développement et de modernisation afin de pouvoir rejoindre le cercle très fermé des villes russes d'influence.

## 6 Bilan sur la problématique

Tomsk est déterminée à devenir un centre économique russe d'importance et compte pour cela sur plusieurs atouts lui permettant d'atteindre ses objectifs. Ainsi, la ville dispose d'un pôle d'innovation en pleine croissance et particulièrement performant grâce à de nombreux partenariats avec les universités de la région. Celles-ci sont également un point fort pour Tomsk puisque qu'elles proposent des formations dans des départements de pointe et reçoivent beaucoup de capitaux pour la recherche et le développement. En outre, la région de Tomsk peut compter sur la richesse de ses sols en pétrole et en gaz et investit énormément pour se moderniser. Néanmoins plusieurs points faibles peuvent freiner son développement comme sa situation géographique, le vieillissement de ses infrastructures ou encore la pauvreté encore fortement présente au sein de la région. Malgré tout, Tomsk a toutes les capacités nécessaires pour surmonter ces difficultés. En effet, les investissements financiers de la ville devraient permettre une forte croissance économique et donc un développement de la classe moyenne. La réalisation d'un nouveau quartier résidentiel va également permettre la construction de logements modernes pour la population et attirer de nombreux investisseurs. Il reste cependant son éloignement géographique important et le climat difficile de la Sibérie mais on constate aujourd'hui que de nombreuses villes surmontent ce genre de contraintes comme Dubaï par exemple, pôle économique de l'Arabie saoudite née récemment en plein désert. Seul l'avenir nous dira si Tomsk a réussi à réaliser ses ambitions.

## Conclusion

Ce stage fut pour moi une expérience enrichissante sur de nombreux points. J'ai pu découvrir un pays qui m'était totalement étranger et une culture très différente de la nôtre. Le fait d'être parti en Sibérie a également renforcé cette immersion dans l'inconnu qui m'a apporté énormément de souvenirs mémorables. Cette expérience m'a en outre permis de faire de nombreuses rencontres et de mettre à mal le stéréotype du russe froid et distant. Sur le plan humain, ce stage fut donc une totale réussite et m'a donné fortement envie de retourner, dans les prochaines années, dans le pays des Tsars.

Ces trois mois se sont aussi caractérisés par un travail quotidien en laboratoire universitaire, expérience elle aussi particulièrement enrichissante. J'ai ainsi pu travailler sur un sujet étroitement lié à ma formation en option Innovation me permettant d'accumuler énormément de connaissances. Sur ce point-là, le stage fut donc une totale réussite et m'a conforté dans mon choix de suivre cette filière.

L'aspect linguistique du stage n'a pas non plus été épargné puisque j'ai utilisé à de très nombreuses reprises l'anglais pour communiquer notamment avec mon maître de stage et les étudiants russes et étrangers rencontrés au fil de mon aventure sibérienne. J'ai donc pu améliorer grandement ma prononciation dans la langue de Shakespeare et enrichir mon vocabulaire technique grâce au travail réalisé durant ce stage.



# Annexe 1 - Les lois d'évolution

## **Loi statique 1 : Intégralité des parties d'un système technique**

Cette loi indique que tout système technique est composé de quatre parties essentielles à son bon fonctionnement : un moteur, une transmission, un organe de travail et un élément de contrôle.

## **Loi statique 2 : Conductibilité énergétique du système**

Tout système technique a besoin d'énergie. Celle-ci doit circuler librement et de manière efficace à travers les quatre parties fondamentales du système.

## **Loi statique 3 : Coordination du rythme des parties**

Les différents mouvements, fréquences et vibrations du système doivent être synchronisés entre eux.

## **Loi cinématique 4 : Accroissement de l'idéalité**

L'idéalité du système correspond au ratio entre la somme des performances et la somme des effets négatifs. Un système évolue donc en essayant d'atteindre cette idéalité (réduction des coûts, etc).

## **Loi cinématique 5 : Développement inégal des parties du système**

Tout système technique est composé de sous-systèmes. Au cours de son évolution, les sous-systèmes évoluent eux aussi mais à des rythmes différents. Il est donc parfois utile de se concentrer sur l'évolution de certains d'entre eux afin de rétablir un équilibre au sein du système global.

## **Loi cinématique 6 : Transition vers le super-système**

Lorsque le système n'est plus en mesure de se développer, il intègre un super-système comme simple partie de ce dernier. Un nouveau développement est alors possible par le biais de ce super-système.

## **Loi dynamique 7 : Transition vers le micro niveau**

Le système évolue en passant du macro niveau au micro niveau. On peut donc assister à une miniaturisation de la structure même du système.

## **Loi dynamique 8 : Dynamisation des systèmes**

Au cours de son évolution, un système tend à devenir plus dynamique (donc plus autonome) et moins statique. Cela demande alors un contrôle plus soutenu.

## Annexe 2 - Diagramme de phase du CO2

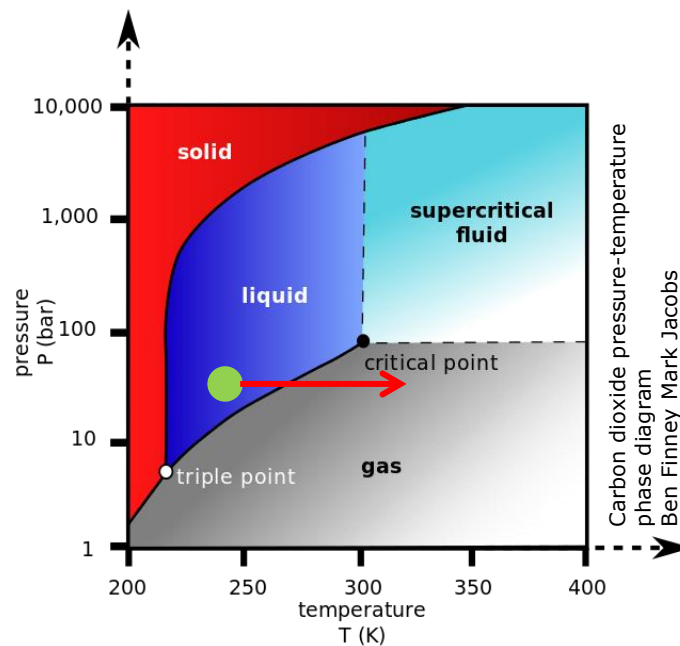


Diagramme de phase pression-température du CO2

Comme le montre le diagramme ci-dessus, en chauffant le dioxyde de carbone liquide, on assiste à partir d'une certaine température à une transition de phase. Le dioxyde de carbone devient donc gazeux.

# Bibliographie

OECD. *A Regional Approach to Industrial Restructuring in the Tomsk Region, Russian Federation*. OECD Publishing, 1998.

Abdelkrim, Samir. « Tomsk lance un fonds d'amorçage pour les startups locales ». *StartupBRICS*, 29 juin 2013. <http://startupbrics.com/tomsk-fonds-amorçage-startups/>.

Blyth, Kristen. « Tomsk: innovation epicenter ». *The Moscow News*, 26 novembre 2012. <http://themoscownews.com/business/20121126/190912198.html>.

Lanthony, Antoine. « Tomsk, centre intellectuel de la Sibérie ». *La documentation Française*, 12 mars 2010. <http://www.ladocumentationfrancaise.fr/pages-europe/d000544-russie.-tomsk-centre-intellectuel-de-la-siberie-par-antoine-lanthony/article>.

Lassailly, Corinne. « RVK et région de Tomsk : une feuille route commune pour le développement de l'innovation ». *Bulletins électroniques*, 30 avril 2014. <http://www.bulletins-electroniques.com/actualites/75784.htm>.

Marquina, Ricardo. « Tomsk, the City Lost Between the Future and the Past ». *Russia Beyond The Headlines*, 21 novembre 2012. [http://rbth.ru/articles/2012/11/21/tomsk\\_the\\_city\\_lost\\_between\\_the\\_future\\_and\\_the\\_past\\_20289.html](http://rbth.ru/articles/2012/11/21/tomsk_the_city_lost_between_the_future_and_the_past_20289.html).

Razumovskaya, Olga. « Tomsk ». *The Moscow Times*, 24 juillet 2011. <http://www.themoscowtimes.com/article/tomsk/441024.html>.

« Инновационная деятельность ». *Tomsk.gov.ru*. <http://tomsk.gov.ru/ru/nauchno-obrazovatelnyy-kompleks/innovatsionnaya-deyatelnost/>.

« Стратегия развития Томской области ». *Tomsk.gov.ru*. <http://tomsk.gov.ru/ru/regionalnoe-razvitie/regionalnoe-strategicheskoe-planirovanie/strategiya-razvitiya-tomskoy-oblasti/>.

## RÉSUMÉ

Tomsk est une ville russe située en Sibérie. Actuellement en plein développement économique, la ville accueille énormément d'étudiants étrangers grâce à ses universités. L'une d'elles, l'université polytechnique de Tomsk, est partenaire avec l'ISTIA, école d'ingénieur française. Il est donc possible d'effectuer un stage dans l'un des nombreux départements d'étude que propose cet institut russe.

L'un des pôles de recherche principaux de l'université polytechnique de Tomsk concerne l'innovation, domaine aujourd'hui clé pour les entreprises. L'université propose donc aux stagiaires de ce département d'étudier les méthodes de résolution de problèmes inventifs. L'idée est de permettre aux étudiants de travailler sur des situations problématiques qu'un ingénieur peut rencontrer tout en stimulant leur créativité dans les solutions apportées.

**Mots-clés :** Sibérie, Innovation, problèmes inventifs, créativité

## ABSTRACT

Tomsk is a Russian town in Siberia. Currently undergoing economic development, the city welcomes a lot of foreign students through its universities. One of them, Tomsk Polytechnic University, is partnering with ISTIA, a French engineering school. It is therefore possible to do an internship in one of the numerous study departments offered by this Russian institute.

One of the main research hubs of Tomsk Polytechnic University deals with Innovation, a key area for today's companies. The Tomsk University provides the opportunity for students of this department to study methods of inventive problem solving. The goal is to allow students to work on problematic situations that an engineer might encounter while stimulating their creativity in the resulting solutions.

**Keywords:** Siberia, Innovation, inventive problem, creativity

## RESUMEN

Tomsk es una ciudad rusa en Siberia. Actualmente en pleno desarrollo económico, la ciudad alberga numerosos estudiantes extranjeros gracias a sus universidades. Una de ellas, la Universidad Politécnica de Tomsk, se ha asociado con ISTIA, una escuela de ingeniería francesa. Por tanto, es posible hacer prácticas en uno de los numerosos departamentos de estudio ofrecidos por este instituto ruso.

Uno de los principales centros de investigación de la Universidad Politécnica de Tomsk se refiere a la Innovación, un área clave para las empresas actuales. La Universidad de Tomsk ofrece la oportunidad a los estudiantes de este departamento de estudiar los métodos de resolución de problemas inventivos. El objetivo es permitir que los estudiantes trabajen en situaciones problemáticas que un ingeniero pueda encontrar y, al mismo tiempo, estimulan su creatividad en las soluciones resultantes.

**Palabras clave:** Siberia, Innovación, problemas inventivos, creatividad