UNIVERSITE SIDI MOHAMED BEN ABDELLAH
FACULTE DES SCIENCES ET TECHNIQUES
Département des Mathématiques

Licence Sciences et Techniques (LST)

CALCUL SCIENTIFIQUE ET APPLICATIONS

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

Pour l'obtention du Diplôme de Licence Sciences et Techniques

Titre

La régularité au départ de Fès

Présenté par :

- **EL AZZOUZI Fatima**

Encadré par :

- **Mr AIT KARROUM Abdellatif (ONCF)**
- **Mr BENIKEN Said (ONCF)**
- **Pr EZZAKI Fatima (FSTF)**
- **Pr O.AMMOR (FSTF)**

Soutenu Le XX Juin 2011 devant le jury composé de:

- **Mr AIT KARROUM Abdellatif (ONCF)**
- **Mr BOUARICH Rachid (ONCF)**
- **Pr EZZAKI Fatima (FSTF)**
- **Pr O.AMMOR (FSTF)**
- **Pr EL HILALI ALAOUI Ahmed (FSTF)**
- **Pr EL KHOMSSI Mohammed (FSTF)**

Stage effectué à l'ONCF

Année Universitaire 2010 / 2011

Dédicace

Je dédie ce travail dans un premier temps à :

-Mes chers parents pour leur encouragement tout au long de mes études et leurs conseils qui m'ont été nécessaire pour ma réussite.

-Mes frères et mes sœurs : Si Mohamed Youssef et Houda aux quelles je souhaite toute la réussite et bonheur.

-Mes professeurs de la F.S.T.

-Toute ma famille.

-Mes amis (es) de calcul scientifique et applications.

-A tous ceux qui me sont chers.

Remerciements

Au terme de ce travail de fin d'études, je tiens à exprimer ma profonde gratitude à mes encadrantes, les professeurs FATIMA EZZAKI et OUAFAE AMMOR, pour leurs orientations, leurs précieux conseils et leurs encouragements, qu'elles trouvent ici l'expression de ma reconnaissance et de mon profond respect.

Je tiens à remercier Mr. AIT KAROUM, Mr. BENIKEN et Mr HACHIMI ainsi que tout le personnel de l'office national des chemins de fer, pour leur étroite collaboration aussi bien pour le travail de terrain que pour l'accès aux documents administratifs.

Mes sincères remerciements s'adressent aux membres de jury qui m'ont fait l'honneur de bien vouloir juger ce travail et de l'enrichir par leurs remarques et critiques.

Grand hommage est adressé à l'ensemble des professeurs du département des mathématiques pour leurs encadrements, encouragement et soutien tout au long de notre parcours d'études universitaires.

Mes vifs remerciements vont à toute personne qui a apporté une quelconque aide aussi petite soit elle lors de la réalisation de ce projet.

Sommaire

Dédicaces

Remerciement

Introduction

Chapitre 1 : Présentation de l'ONCF

1. **Historique……..6**
2. **Statut de l'ONCF ……8**
3. **consistance……..….8**
4. **Référentiel des missions ….9**

Chapitre 2 : outils mathématiques

Rappels sur les lois des probabilités ……20

1. **la loi normal ……..20**
2. **les lois des probabilités associées à la loi normale ……..21**

1.2.1 Variable aléatoire de khi-deux

……22

1.2.2 Variable aléatoire de student

……22

1.2.3 Variable aléatoire de Fisher

…….23

Echantillonnage et distribution

……..24

1. **distribution d'échantillonnage**

   ……25

2. **distribution d'échantillonnage d'une moyenne**

   ……..25

Estimation par intervalle de confiance

…….26

1. **comparaison d'une moyenne observée et d'une moyenne théorique……**

   ……28

2. **test de comparaison de deux variances**

   ……...29

Analyse de la variance

……

…..…29

Chapitre 3 : Applications

1. Données……

…….33

2. Effet des facteurs sur le retard de chaque train ……36

3. L'effet train sur le retard…… 37

4. suivi chronologique de la régularité Fès et réseau……39

INTRODUCTION

En aboutissant à la troisième année universitaire filière calcul scientifique et applications à la FSTF on a été conduit à accomplir un stage pour réaliser un projet de fin d'études, dont le but était de concrétiser les notions théoriques qu'on a acquis durant les études et d'établir ainsi une liaison d'adaptation avec une application réelle sur le domaine de travail.

J'ai donc effectué un stage de deux mois au sein de l'office national des chemins de fer l'ONCF de Fès.

Dans ce rapport nous nous sommes intéressés dans un premier lieu à donner une vision générale sur l'organisation ONCF avec une

représentation des pôles existants, en particulier le centre circulation fès.

Ensuite on a introduit quelques outils mathématiques en statistiques nécessaires, pour aborder le problème principale de ce sujet à savoir : régularité des trains au départ de Fès.

Pour résoudre ce problème nous avons choisi six trains comme base de données de ce sujet.

En utilisant une approche statistique nous avons mis en évidence les différents facteurs influant directement sur le retard des trains.

Comme deuxième application nous voulons s'avoir s'il existe un effet des trains sur le retard.

A la fin de ce manuscrit nous avons comparé la régularité de Fès à celle du réseau.

CHAPITRE 1
REPRÉSENTATION DE L'ONCF

Présentation de l'ONCF

1. Historique

L'histoire du réseau ferroviaire au Maroc n'est pas la résultante d'hier mais elle date du début du siècle dernier. Cependant si le Maroc peut se targuer d'être l'un des premiers pays du continent africain à disposer d'un chemin de fer celui-ci n'a qu'une existence éphémère. Pendant prés de 60 ans, les tentatives pour implanter le rail vont se succéder, ne débouchant que rarement sur des réalisations concrètes. Les différentes étapes par lesquelles a évolué cet historique sont illustrées par les dates suivantes :

- Quelques dates clés

  - 1916 : Construction des premières lignes a voie de 0.60m
  - 1923 : Construction des voies a écartement normal par trois compagnies concessionnaires privées, ces dernières se partagent le trafic ferroviaire en exploitant chacune la partie du réseau qui lui était concédé
  - 1963 : Rachat des concessions par le gouvernement Marocain et la création de l'office

    National des chemins de fer ONCF
  - 1964 : Achèvement du doublement de la voie Sidi Al Aidi et Khouribga 89 km
  - 1984 : Achèvement des travaux de doublement de la voie Casa Blanca-Rabat, lancement des trains navettes TNR assurant la relation ferroviaire inter ville et plus précisément entre Rabat et Casa Blanca et la mise en service de 14 dessertes cadencées dans chaque sens.

- 1985 : Pour suite des efforts d'amélioration du service voyageurs et c'est dans ce sent que L'ONCF a mise en service des autocars de luxe en liaison avec les trains reliant :
    - Marrakech-Agadir
    - Taourirt-Nador
    - Tanger-Tetouan
- 1987 : Inauguration officielle de la ligne Nouasser-Jorf, se trouvant intégralement circonscrite dans la région économique du centre et rénovation des principales gares du réseau
- 1992 : Construction de la première locomotive EL 300 et inauguration de la desserte ferroviaire de l'Aéroport Mohammed V et inauguration du doublement de la voie entre Sale-Kenitra
- 1993 : Inauguration du doublement entre Rabat et Salé
- 1997 : Lancement des travaux doublement de la voie entre Kenitra et Meknès
- 2005 : Doublement de la voie entre Sidi Kassem-Meknès
- 2007 : Doublement de la voie entre :Meknès-Fès, Nouaceur-Jorf Lacfar
- 2008 : Le tronçon Sidi el Aidi-Settat est doublé à son tour
- 2009 : Inauguration de la nouvelle ligne ferroviaire entre Taourirt-Nador
- 2010 : Inauguration de la nouvelle ligne ferroviaire :
- Sidi Yahya El Charb-Mechra Bel Ksiri

2. Statut de l'ONCF

L'ONCF est un établissement public à caractère industriel et commercial, doté de la personnalité civil et de l'autonomie financière et placé sous la tutelle du ministère de

l'équipement et du transport. Par ailleurs, l'ONCF se verra bientôt le changement de statut qui sera La Société Marocaine des Chemins de Fer

- La futur SMCF est une société anonyme dont le capital sera détenu à 100% par l'état elle aura pour mission, dans le cadre d'une conventionne concession :
- La gestion des infrastructures ferroviaires exploitées et en cours de construction.
- L'exploitation technique et commerciale des services de transport ferroviaire sur le réseau qui lui est concédé.

3. Consistance

Le centre Circulation FES rattachée à l'Arrondissement Circulation Nord et à la DRICN Meknès, sa consistance est la suivante :

- **longueur de la voie ferrée**

Le réseau de voie unique ferrée du centre circulation Fès est de 85,5 dont :

- 11,9Km de voie électrifiée double voie
- 73,6Km de voie non électrifiée voie unique

4. Référentiel des missions

A compter du 1er Juillet 2009, une nouvelle organisation de notre office a été mise en place dans l'objectif de :

- Répondre de manière plus efficace aux attentes du client
- Accompagner le développement de nos activités voyageurs et Fret
- Relever le défi de concrétisation des grands projets inscrits au plan d'investissement notamment celui des lignes à grande vitesse.

L'organisation actuelle nous a permis de réaliser de grands succès ces dernières années, toutefois elle n'est plus en mesure de nous donner la latitude et la dynamique nécessaires pour répondre aux défis que nous nous sommes fixés. Nous avons en effet

l'ambition de développer nos parts de marché dans les produits classiques de transport ferroviaire, mais également d'introduire et développer des nouveaux produits, notamment :

- Train à grande vitesse et le RER pour l'activité voyageurs
- Introduction sur le marché d'une offre logistique intégrée pour l'activité fret
- Création d'espaces de vie et d'espaces d'affaires permettant de mieux valoriser notre patrimoine.

Si la nouvelle organisation est conçue d'abord pour répondre aux besoins de nos clients, elle constitue également une opportunité de développement de carrière pour l'ensemble des collaborateurs par la création de nouveaux métiers et de nouvelles perspectives professionnelles.

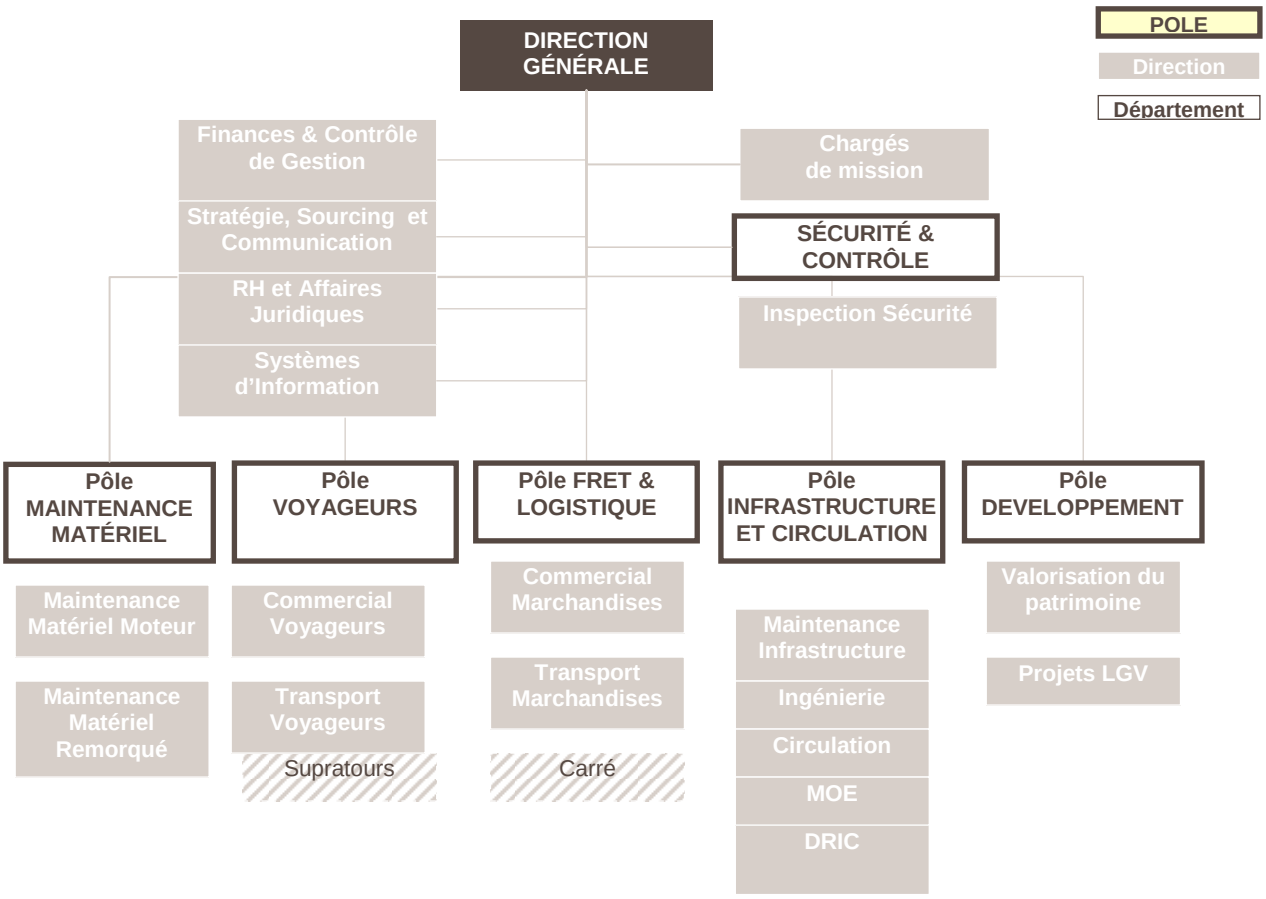
Les principes fondamentaux de la nouvelle organisation reposent sur la mise en place de six pôles soutenus dans leurs missions par quatre directions supports.

- ✓ **Pôle Voyageurs** : Ce pôle devra accompagner le développement du transport classique voyageurs et d'introduire le transport nouveau à grande vitesse. Il permettra également d'accroître notre activité pour le transport de proximité et d'introduire le transport du type RER.
- ✓ **Pôle Fret et Logistique_**: Il sera en charge du développement commercial sur les marchés traditionnels ONCF, Fret et Phosphates, ainsi que de positionner le groupe ONCF dans la logistique.

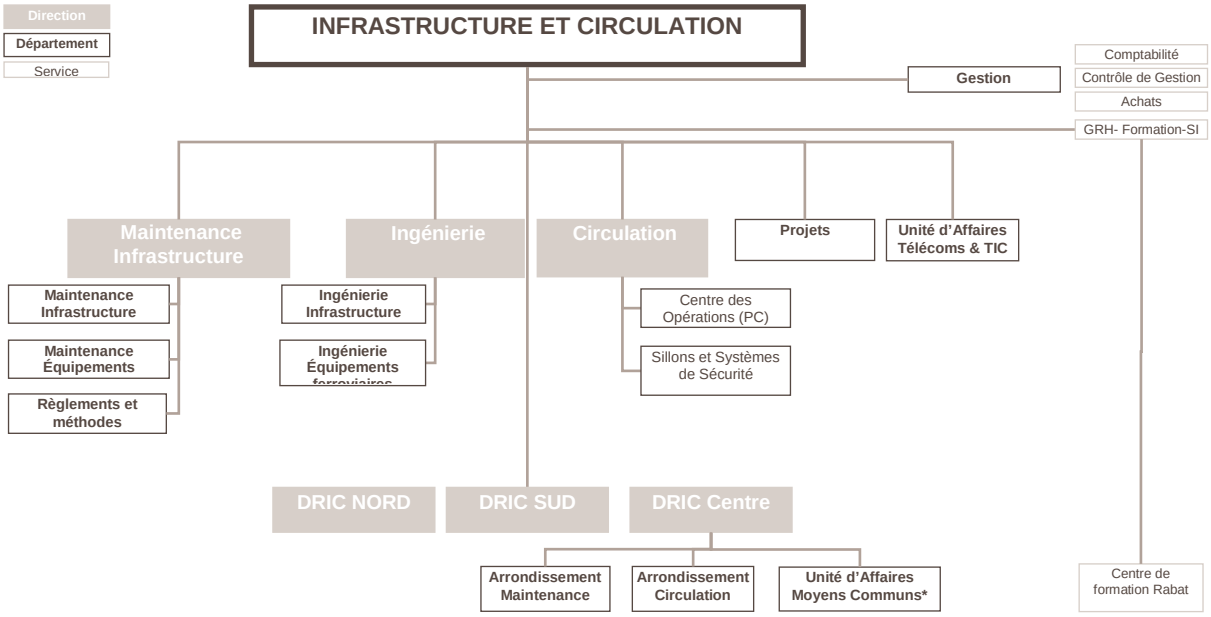
  Ces deux Pôles développeront des synergies avec les filiales de l'ONCF : Supra tours pour le Pôle Voyageurs, Carré pour le Pôle Fret et Logistique.
- ✓ **Pôle Maintenance Matériel** : Ce pôle assurera la maintenance du matériel roulant et interviendra vis-à-vis des Pôles Voyageurs et Fret et Logistique comme un prestataire interne. Il définit la politique de maintenance et élabore ses règles, sa consistance, sa périodicité et décide de l'aptitude du matériel à circuler.
- ✓ **Pôle Infrastructure et Circulation**: Ce pôle sera chargé des activités d'infrastructure et de circulation dans la continuité par rapport à l'existant tout en veillant à garantir la disponibilité, la sécurité et la qualité de l'infrastructure ferroviaire.

- ✓ **Pôle Développement_**: Ce Pôle aura en charge la concrétisation du méga projet «Ligne à Grande Vitesse» et aura en charge également la valorisation du patrimoine de l'ONCF de manière à en faire un axe de développement et de profit pour l'office.

Organigramme global du groupe ONCF



Organigramme pôle Infrastructure et Circulation :



Enjeux et objectifs (source : Plan Entreprise 2015)

- ***Axe de vision n°1***
  - Améliore la sécurité des personnes par suppression des PN
  - Offre des équipements sécurisés (automatismes)
  - Offre des services sûrs et sécurisés selon les standards internationaux

- ***Axe de vision n°2***

- Réalise la liaison Tanger - Tanger Med (fait)
- Réalise la liaison Taourirt – Nador (fait)
- Optimise la capacité de ses lignes à forte fréquentation

➢ **Axe de vision n°3:**

- Aménage les lignes à haute prestation
- Améliore l'impact visuel des ouvrages ferroviaires (architecture des OA)
- Facilite la mobilité dans les villes par la création des OA
- Étend son réseau ferré

Projets d'investissement

1. **Infrastructure :** Investissements pour la mise à niveau des installations fixes (réhabilitation caténaires, superstructures de voies, sous stations à Bouskoura et entre Sidi El Aidi et Oued Zem, Nouvelle sous station à Marrakech,…)

2. **Circulation** : modernisation des installations de sécurité

3. **Augmentation de capacités :**
   - Augmentation de la capacité de l'axe Casa – Kenitra
   - Doublement Settat – Marrakech
   - Quadruplement voie Nouaceur et Sidi El Aidi
   - Projets en cours

Objectifs de performance

➢ Sécurité des circulations

➢ Régularité des trains

➢ Respect du planning de mise à disposition des moyens

➢ Fiabilité des moyens et qualité des travaux

- Respect des délais et qualité des études
- Rentabilité et tenue des délais des projets

Charges, produits et prestations internes

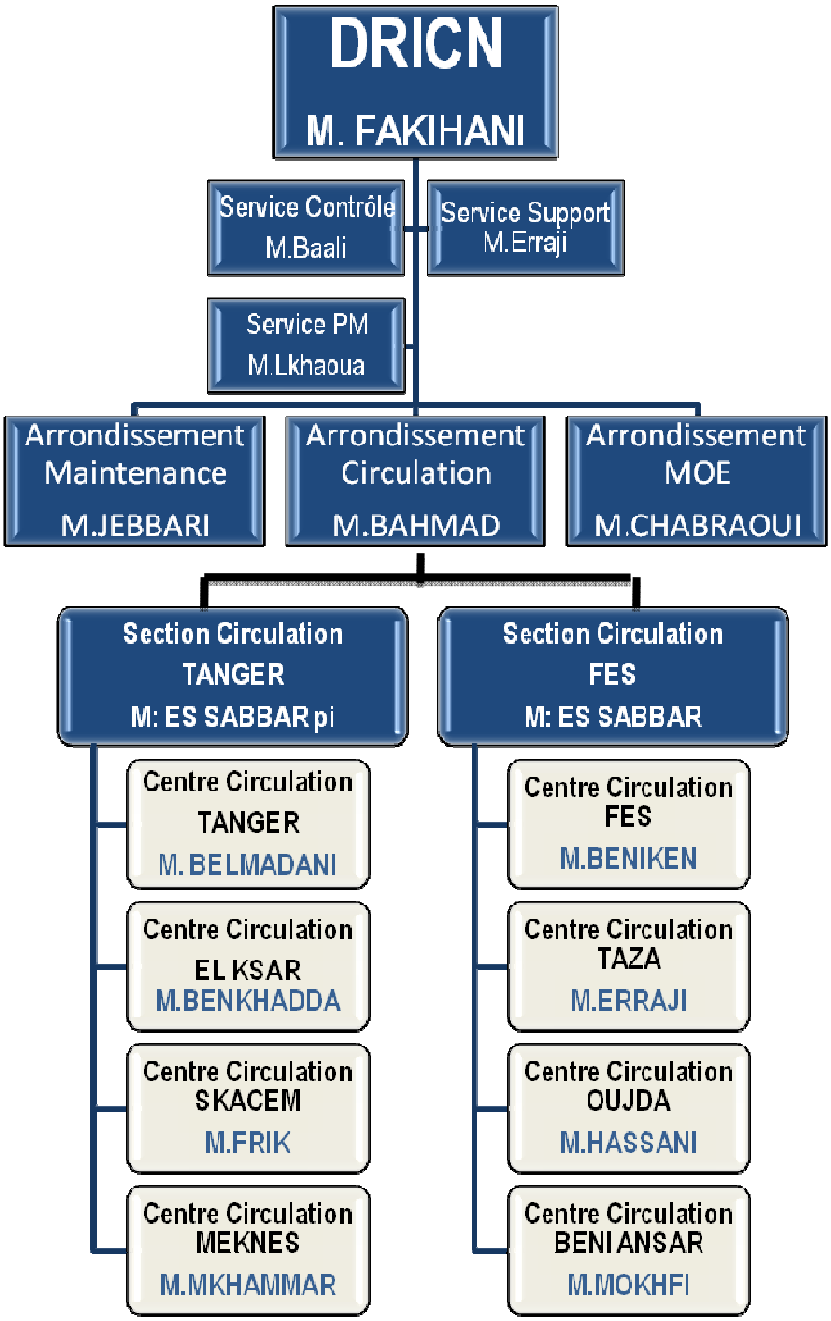
Recettes :

- Prestations de maintenance de l'infrastructure
- Redevance pour l'utilisation des sillons

Charges :

- Charges propres : personnel, matériel, systèmes d'information, frais généraux…
- Location des trains de travaux et conducteurs
- Location des espaces en gares pour les activités Infra
- Location des espaces en gares pour les activités circulation

Organigramme Directions Régionales Infrastructure et Circulation NORD (DRICN)

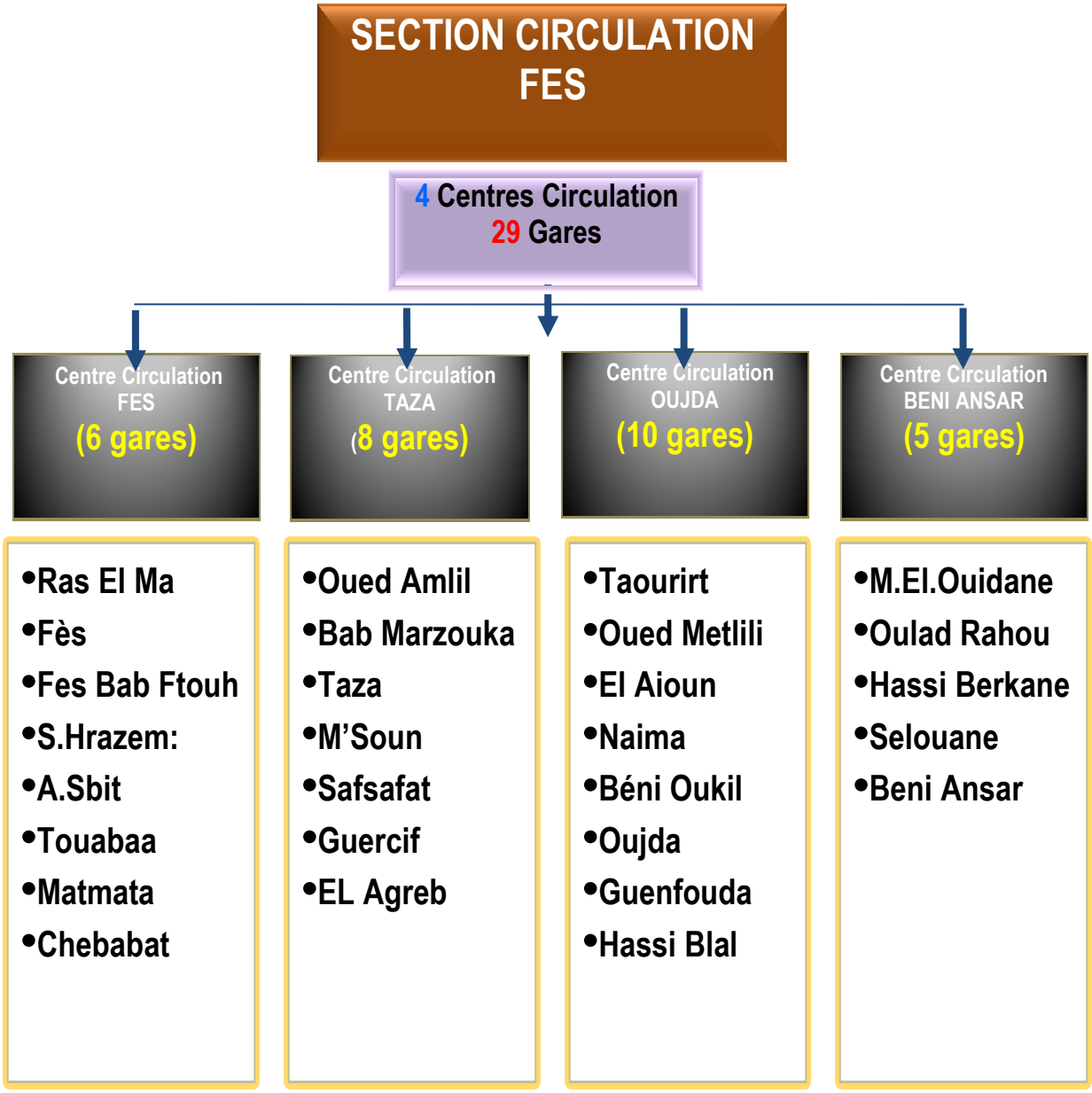


Section Circulation

La Section Circulation gère un ensemble de Centres circulation et a pour missions de :

- Coordonner entre les différents Centres Circulation ;
- Veiller sur les meilleures applications des procédures réglementaires;

- Veiller sur la bonne exploitation des installations de sécurité;
- Suivre l'exécution du plan de transport;
- Réaliser et suivre les plannings des examens annuels de sécurité, de CPA et médicaux;
- Accorder les autorisations aux fonctions de sécurité dans les gares et dans les postes;
- Réaliser le contrôle de proximité, tournées de contrôle et campagnes de sécurité;
- Élaborer les consignes d'établissement et les méthodes de travail;
- Assurer localement la formation des ressources humaines (planification et suivi);
- Vérifier les Calendriers Programme des Centres de Circulation;
- Suivre le budget d'exploitation;
- Gérer les situations normales et les situations de perturbation des circulations;
- Analyser les incidents, proposer et mettre en œuvre les actions d'amélioration;
- Étudier les dossiers fonctionnels;
- Effectuer les essais contradictoires (mise en exploitation des installations de sécurité)
- Assurer le suivi et la réalisation des visites et essais périodiques de sécurité (mensuels et annuels)
- Participer à l'élaboration des projets d'ATS et AHT
- Suivre les différents indicateurs (rendement, régularité, incidents, etc.….)



Centre de Circulation

Coordonner entre les gares Circulation qui lui sont rattachées;

- Veiller sur les meilleures applications des procédures réglementaires;
- Veiller sur la bonne exploitation des installations de sécurité;

- Établir et réaliser le Calendrier Programme;
- Suivre l’application du plan de transport dans sa zone;
- Effectuer le contrôle de proximité et tournées de contrôle;
- Élaborer les consignes d’établissement et les méthodes de travail;
- Gérer les situations normales et les situations de perturbation des circulations;
- Étudier les dossiers fonctionnels;
- Effectuer les visites et essais mensuels des installations de sécurité ;
- Suivre les différents indicateurs (rendement, régularité, incidents, etc.….)

CHAPITRE 2 :

OUTILS MATHÉMATIQUES

Rappel sur les lois de probabilités :

1.La loi normale

La loi normale est une loi continue dont la distribution de probabilité a été publiée par Abraham De Moivre en 1733. D'autres mathématiciens sont également associés à cette fameuse loi, soit Marquis de Laplace (et Carl Friedrick Gauss).

Le graphique de cette distribution se présente sous forme de cloche et la courbe résultante est appelée la courbe normale.

Définition :

Une variable aléatoire continue X est dite distribuée selon une loi normale si l'expression de sa densité est

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}}\, e^{-\frac{(x-m)^2}{2\sigma^2}}, x \in]-\infty, +\infty[$$

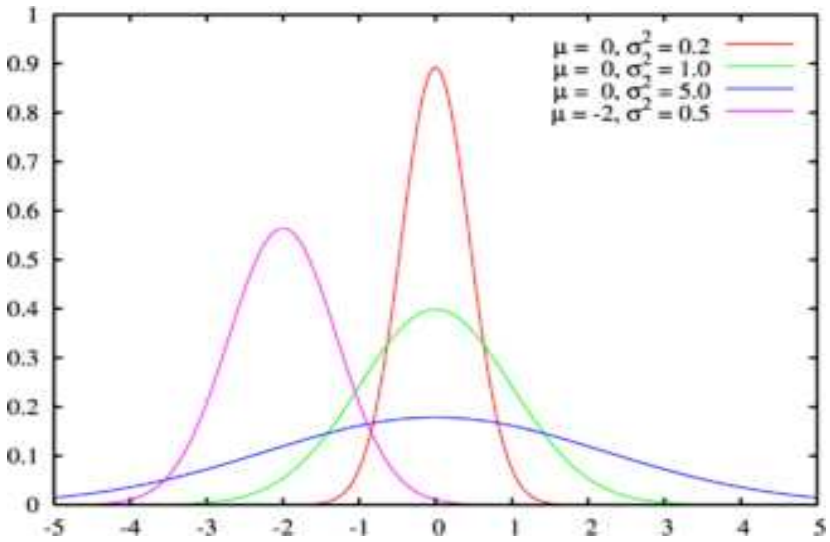
La loi normale dépend de deux paramètres μ et σ^2. Si X suit une loi normale de paramètres μ et σ on la note X suit $N(\mu, \sigma^2)$.

Caractéristique importante de la loi normale

Si X suit une loi normale de paramètres μ et σ^2, alors

1) L'espérance mathématique de X est : $E(X) = \mu$
2) La variance de X est $Var(X) = \sigma^2$

La courbe de loi normale



2. Les lois de probabilités associées à la loi normale

Les trois lois de probabilités associées à la loi normale

1) Variable aléatoire de khi-deux notée χ^2
2) Variable aléatoire de Student notée T
3) Variable aléatoire de Fisher notée F

La loi de χ^2 est caractérisé par le paramètre ν qui indique son degré de liberté. C'est une loi qui se déduit de la loi normale centrée et réduite

Si $Z_1, Z_2, \ldots, Z_\nu$ sont ν variables aléatoires normales centrées indépendantes et réduites, la somme des carrés de ces n variables aléatoires $z_1^2+z_2^2+\ldots+z_\sqrt{}^2$ suit une loi de χ^2 à ν degrés de liberté.

Propriétés de la loi de χ^2 :

C'est une variable aléatoire continue dont la courbe dépend du nombre de degrés de libertés ν . A mesure que ν augmente la loi de χ^2 tend vers la loi normale. D'espérance $E(\chi^2) = \nu$ et de variance $V(\chi^2) = 2\nu$

Seuil de probabilité relatif à une loi de χ^2 :

La probabilité pour que χ^2 soit supérieure à une valeur fixé $\chi^2_{\alpha,\nu}$ est donnée par la relation $P(\chi^2 > \chi^2_{\alpha,\nu}) = \alpha$.

1.2.2 Variable aléatoire de Student

Cette variable aléatoire est attribuable à Gosset

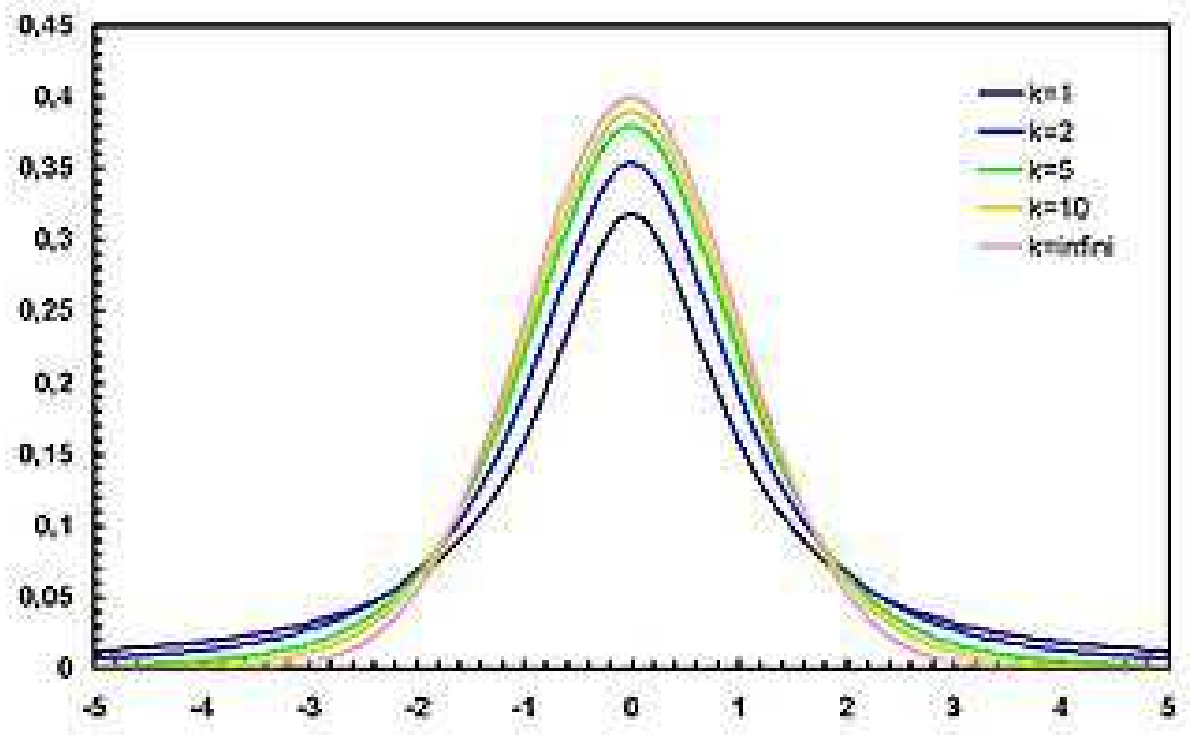
- **Les principales propriétés**

Une variable aléatoire de Student de k degrés de liberté notée T est une variable continue son espérance est $E(T) = 0$ est sa variance $V(T) = \frac{k}{k-2}$ *si* $\nu > 2$

Soit X une variable aléatoire normale centrée et réduite et Y une variable aléatoire de χ^2 à k degrés de liberté. Si X et Y sont indépendants,

$T = \frac{X}{\sqrt{\frac{Y}{k}}}$ est une variable aléatoire T à k degrés de liberté.

La courbe de la loi de Student est symétrique par rapport à sa moyenne $E(T) = 0$. Elle est plus aplatie que la loi normale centrée et réduite sa forme ne dépend que de k augmente, la courbe de la loi de Student T tend vers la courbe de la loi normale centrée réduite. Lorsque $k > 30$, elles sont pratiquement confondues. Seuils de probabilités relatifs à une variable aléatoire du $\mathbf{T}$



Les seuils de la loi T figurent sur la table tels que

$p(T > t_{\alpha,k}) = \alpha$

1.2.3 Variable aléatoire de Fisher

La variable aléatoire de Fisher notée F à ν_1 et ν_2 degrés de liberté est une variable aléatoire continue dont la loi de probabilité est dite de Fisher

Les principales propriétés :

La variable aléatoire F est continue prend ses valeurs dans $\mathbf{R}^+$

$$E(F)=\frac{v_2}{v_2-2} \quad ,v_2>2 \quad et\ V(F)=\frac{v_2^2(2v_1+2v_2-4)}{v_2^2(v_2-2)^2(v_2-4)} \quad si\ v_2>4$$

Soit X_1 et X_2 sont deux variables aléatoire du χ^2 avec v_1 et v_2 degrés de liberté la variable aléatoire F définie par

$$F=\frac{\frac{X_1}{v_1}}{\frac{X_2}{v_2}}$$

Est une loi F à v_1 et v_2 degrés de liberté

A mesure que le nombre de degrés de liberté v_1 et v_2 augmentent, la courbe de la variable aléatoire de Fisher tend vers une loi normale.

Seuils de probabilité

$p(F>f_{\alpha,v_1,v_2})=\alpha$ Le seuil f_{α,v_1,v_2} se lit sur la table de la loi de Fisher

Echantillonnage des paramètres :

But de l'échantillonnage :

L'échantillonnage a deux aspects :

Premier aspect : on connaît la valeur de certains paramètres (moyenne, écart type, proportion...) des v.a étudiées dans la population et on cherche à calculer la probabilité d'obtenir telle valeur pour la caractéristique correspondante dans l'échantillon.

Deuxième aspect (plus pratique): est l'estimation de certains paramètres qui consiste à obtenir de l'information sur la population à partir des mesures d'échantillonnages. On cherche à trouver la valeur d'un paramètre inconnu. C.à.d. on tente d'estimer ce paramètre à partir des résultats de l'échantillon.

2.1 Distribution d'échantillonnage

Dans une population on peut prélever plusieurs échantillons différents de même taille n produisant ainsi des caractéristiques d'échantillonnage (Moyenne, proportion, écart-type) différentes et ne correspondent pas nécessairement aux valeurs de la population.

Une statistique est donc une variable aléatoire construite à partir de l'ensemble de mesures relatives à X et ce de la façon suivante : on prélève tous les échantillons possibles de taille n dans l'ensemble des mesures relatives à X ; à chacun on associe un nombre réel moyenne d'échantillon ou écart-type ou proportion. La loi de probabilité de cette nouvelle variable aléatoire qui est appelée statistique constitue une distribution d'échantillonnage.

La variable aléatoire $\overline{X}$ associe à tout aléatoire de taille n sa moyenne

$$\overline{x} = \sum_{i=1}^{n} \frac{x_i}{n}$$

La statistique ou variable aléatoire Σ^2 associe à tout échantillon aléatoire de taille n sa variance échantillonnage

$$\Sigma^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} (x_i - \overline{x})^2$$

On note

$$S^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^{n} (x_i - \overline{x})^2$$

2.2 Distribution d'échantillonnage d'une moyenne

On appelle distribution d'échantillonnage d'une moyenne, la distribution de probabilité de la variable aléatoire

$$\bar{x} = \sum_{i=1}^{n} \frac{x_i}{n}$$

On sait que $E(\bar{x}) = m \;\; et \;\; V(\bar{x}) = \frac{\sigma^2}{n}$

On appelle variance d'échantillonnage $\mathbf{S^2} = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^{n} (x_i - \bar{x})^2$

$\mathbf{S^2}$ Est un estimateur de σ^2

Estimation d'une moyenne par intervalle de confiance :

On se propose d'estimer par intervalle de confiance, la moyenne m d'un caractère mesurable d'une population. Il s'agit de calculer à partir de la moyenne $\bar{x}$ de l'échantillon un intervalle dans lequel il est vrai semblable que la vraie valeur de m se trouve. On obtient cet intervalle en calculant deux limites aux quelles est associée une certaine assurance de contenir la vraie valeur de m. cet intervalles définit d'après l'équation suivante.

$$p(\bar{x} - k \leq m \leq \bar{x} + k) = 1 - \alpha$$

Où k sera déterminé à l'aide de l'écart type de la distribution d'échantillonnage de $\bar{x}$ et du niveau de confiance choisi a priori.

Si la loi du caractère mesurable est normale et de variance connue

$Z = \frac{\bar{x} - m}{\frac{\sigma}{\sqrt{n}}}$ Suit une loi normale centrée et réduite et l'équation précédente s'écrit :

$$p\left(\bar{x} - Z_{\frac{\alpha}{2}} \frac{\alpha}{\sqrt{n}} \leq m \leq \bar{x} + Z_{\frac{\alpha}{2}} \frac{\alpha}{\sqrt{n}}\right) = 1 - \alpha$$

D'où $k = Z_{\frac{\alpha}{2}} \frac{\alpha}{\sqrt{n}}$

Les expressions nécessaires au calcul des limites de l'intervalle de confiance.

Intervalle de confiance pour une moyenne au niveau $1-\alpha$

	Population normale		Toute population $n \geq 30$	
	Li	Ls	Li	Ls
Variance connu	$\bar{x} - Z_{\frac{\alpha}{2}} \frac{\alpha}{\sqrt{n}}$	$\bar{x} + Z_{\frac{\alpha}{2}} \frac{\alpha}{\sqrt{n}}$	$\bar{x} - Z_{\frac{\alpha}{2}} \frac{\alpha}{\sqrt{n}}$	$\bar{x} + Z_{\frac{\alpha}{2}} \frac{\alpha}{\sqrt{n}}$
Variance inconnue	$\bar{x} - t_{\frac{\alpha}{2}} \frac{S}{\sqrt{n}}$	$\bar{x} + t_{\frac{\alpha}{2}} \frac{S}{\sqrt{n}}$	$\bar{x} - Z_{\frac{\alpha}{2}} \frac{S}{\sqrt{n}}$	$\bar{x} + Z_{\frac{\alpha}{2}} \frac{S}{\sqrt{n}}$

4-Estimation par l'intervalle de confiance d'une variance

- 1er étape on choisit le meilleur estimateur, Le meilleur estimateur pour estimer σ^2 est S^2

- 2éme étape On cherche la loi de probabilité de l'estimateur S^2

Si X suit une loi normale la statistique $\frac{n-1}{\sigma^2} S^2$ suit une loi de khi deux avec $n-1$ degré de liberté

-3éme étape de l'intervalle de confiance

$$\frac{n-1}{\chi^2_{\frac{\alpha}{2},n-1}} S^2 \leq \sigma^2 \leq \frac{n-1}{\chi^2_{1-\frac{\alpha}{2},n-1}} S^2$$

$\chi^2_{\frac{\alpha}{2},n-1}$ est le seuil d'une loi de χ^2 à $n-1$ degré de liberté.

Les teste de comparaissent

4.1 Comparaison d'une moyenne observée et d'une moyenne théorique

Soit m la moyenne d'un caractère quantitatif et vent savoir, si m n'est pad défirent d'une

valeur fixé m0 ou n'est pas plus grand ou n'est pas plus petite que cette valeur m0

Teste

Hypothèses H0 : m=m0

H1: $m \neq m0$

Se l'hypothèse m=m0 (nulle), m peut être considéré comme la réalisation de variable aléatoire :

$$T_{obs} = \frac{X-m}{\sigma/\sqrt{n}} \rightsquigarrow N(0,1)$$

$$T_{obs} = \frac{X-m}{S^*/\sqrt{n}} \rightsquigarrow t_{n-1,\alpha}$$

Premier cas : H0 : m=m0

H1: $m \neq m0$

On détermine le réel t_α telle que $p(|T| < t_\alpha) = 1 - \alpha$

Si $|T_{obs}| < t_\alpha$ on accepte H0 sinon on la rejeté.

Deuxième cas : H0 : m=m0

H1: $m > m0$

On détermine le réel t_α telle que $p(T < t_\alpha) = 1 - \alpha$

Si $T_{obs} \leq t_\alpha$ on accepte H0 sinon on la rejeté.

Troisième cas : H0 : m=m0

H1: $m < m0$

On détermine le réel t_α telle que $p(T > -t_\alpha) = 1 - \alpha$

Si $T_{obs} \geq -t_\alpha$ on accepte H0 sinon on la rejeté.

4.2 Test de comparaison de deux variances

Soit σ_1^2 et σ_2^2 les variances inconnues de la Série statistique des xi il s'agit de savoir s'il existe une différence entre les deux variances inconnues S_1^2 d'un échantillon de taille n1 et de la variance inconnue S_2^2 d'un échantillon de taille n2 .

H_0 : $\sigma_1^2 = \sigma_2^2$

H_1 : $\sigma_1^2 > \sigma_2^2$

Soit

$F_{obs} = S_1^2 / S_2^2 \approx F_{n1-1,n2-1}$

Règle de discision :

$p(F \geq F_\alpha)$ *au seuil* α

Si $F_{obs} < F_\alpha \implies$ *la difference n'est pas significatif entre* σ_1^2 *et* σ_2^2

On accepte H0 on admet l'égalité des deux variances.

Si $F_{obs} \geq F_\alpha \implies$ *la difference entre* σ_1^2 *et* σ_2^2 *est significatif*

On rejeté H0 on accepte H1.

Analyse de la variance (ANOVA 1)

L'analyse de la variance (terme souvent abrégé par le terme anglais ANOVA : est un test statistique permettant de vérifier que plusieurs échantillons sont issus d'une même population.

Ce test s'applique lorsque l'on mesure une ou plusieurs variables explicatives catégorielles (appelées alors facteurs de variabilité, leurs différentes modalités étant parfois appelées « niveaux ») qui ont de l'influence sur la distribution d'une variable continue à expliquer. On parle d'analyse à un facteur, lorsque l'analyse porte sur un modèle décrit par un facteur de variabilité, d'analyse à deux facteurs ou d'analyse multifactorielle.

L'hypothèse nulle correspond au cas où les distributions suivent la même loi normale.

L'hypothèse alternative est qu'il existe au moins une distribution dont la moyenne s'écarte des autres moyennes :

$$\begin{cases} H_0 \ : \ m_1 = m_2 = ... = m_k = m \\ H_1 \ : \ \exists (i,j) \text{ tel que } m_i \neq m_j \end{cases}$$

CHAPITRE3 :

APPLICATION

1- Données

On considère les retards (en minutes) de six trains, observés durant 31 journées du mois janvier 2011.

TR1= train 102_603 est un train ordinaire de départ à Fès et de destination Marrakech.

TR2= train 124_613 est un train ordinaire de départ à Fès et de destination Marrakech.

TR3= train 130_615 est un train ordinaire de départ à Fès et de destination Marrakech.

TR4= train AM est un train couchette de départ Fès et de destination Marrakech.

TR5= train 211 est train ordinaire de départ Fès et destination Taza.

TR6= train 184 est train ordinaire de départ Fès et destination Tanger.

Obs	TR1	TR2	TR3	TR4	TR5	TR6
1	4	0	8	8	16	0
2	7	37	14	5	94	14
3	27	0	8	5	23	9
4	5	0	5	5	6	0
5	0	18	23	3	58	0
6	24	7	7	2	4	0
7	12	3	5	2	22	3
8	0	0	5	5	25	4
9	27	6	0	7	30	4
10	28	20	15	4	17	16
11	2	14	0	6	4	27
12	34	0	12	6	0	0
13	19	6	8	6	15	26
14	19	0	15	9	20	13
15	0	6	10	80	26	0
16	0	10	13	7	21	10
17	1	5	17	9	0	3
18	13	42	11	3	0	0
19	3	0	12	7	8	0
20	11	12	20	10	14	4
21	5	15	5	12	18	11
22	0	7	10	8	9	0
23	4	7	0	7	14	13
24	6	12	1	14	6	15
25	20	15	14	11	12	0
26	16	4	0	3	3	7
27	24	17	0	17	13	0
28	31	20	6	10	8	17
29	35	0	4	11	19	3
30	23	0	9	11	95	3
31	7	0	0	8	45	3
moy	13,129	9,129	8,2903	9,7097	20,8065	6,6129
Ecart	11,4942	10,49404	6,278	6,278	13,5134	13,5134	23,3573	23,3573	7,7403	7,74037

A partir des retards sélectionnés, on établit un taux de régularité de la gare de Fès à l'instar de celui du réseau entier de l'ONCF.

obs	REG_FES	REG_RES
1	65.38	74
2	46.15	42
3	62.07	74
4	65.52	88
5	68.97	82
6	68.97	88
7	72.41	70
8	65.52	87
9	61.54	76
10	62.07	70
11	61.54	72
12	86.21	86
13	48.28	83
14	75.86	79
15	58.62	68
16	48	62
17	65.52	74
18	62.07	76
19	79.31	86
20	65.52	74
21	65.52	66
22	62.07	54
23	46.15	62
24	58.62	62
25	58.62	63
26	62.07	68
27	68.97	71
28	62.07	49
29	58.62	71
30	53.85	47
31	58.62	63

Dans le tableau ci-dessous, on a collecté le retard «RET » du train AM donné ainsi que la durée de chacun des déterminants de ce retard ; à savoir « l'échange de machines : EM » et « les essais de freins : EF ».

obs	EF	EM	RET
1	3	5	8
2	5	0	5
3	2	3	5
4	2	3	5
5	3	0	3
6	2	0	2
7	0	2	2
8	2	0	5
9	6	1	7
10	4	0	4
11	4	2	6
12	4	2	6
13	4	2	6
14	6	3	9
15	0	0	0
16	4	3	7
17	6	3	9
18	3	0	3
19	4	3	7
20	8	2	10
21	12	0	12
22	2	6	8
23	5	2	7
24	11	3	14
25	3	8	11
26	3	0	3
27	15	2	17
28	7	3	10
29	7	4	11
30	8	3	11
31	6	2	8

2-Effet des facteurs sur le retard de chaque train

Soit X_1 le retard des essais de freins

Soit X_2 le retard des échanges de machines

Soit Y le retard total du train

On a $Y= X_1+ X_2$

Notre objectif est de savoir l'effet de chaque facteur sur le retard, est ce qu'il existe une relation significative entre ces facteurs.

Soit r le coefficient de corrélation entre X_1 et X_2 :

$$r = \frac{\sum (x_i - \overline{x})(y_i - \overline{y})}{\sqrt{\sum (x_i - \overline{x})^2 (y_i - \overline{y})^2}}$$

r=0,0034

α=0,05

H_0 : r=0

H_1 : r>0

Sous H_0 F_{obs}=0,018

$F_{obs} < F_{0,05\ ;\ 29}$=1,861

Donc on accepte H_0 et on rejette H_1

Comme (X_1, X_2) ne suit pas une loi normale alors on ne peut pas confirmer une indépendance entre X_1 et X_2 et par suite malgré la petite valeur de r nous le prendrons en considération dans les calculs de la variance de Y

$V(Y) = V(X_1) + V(X_2) + 2COV(X_1, X_2)$

$V(X_1) = (3,3441)^2$=11,1830

$V(X_2) = (1,9165)^2$=3,672

On a :

$$\operatorname{cov}(x,y) = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})$$

$COV(X_1, X_2)$= 0 ;021

V(Y)=14,8566

80% du retard du aux essaies des freins, 13,5% du aux échanges des machines et 6,5% est du à un effet commun au deux variables.

3-L'effet train sur le retard

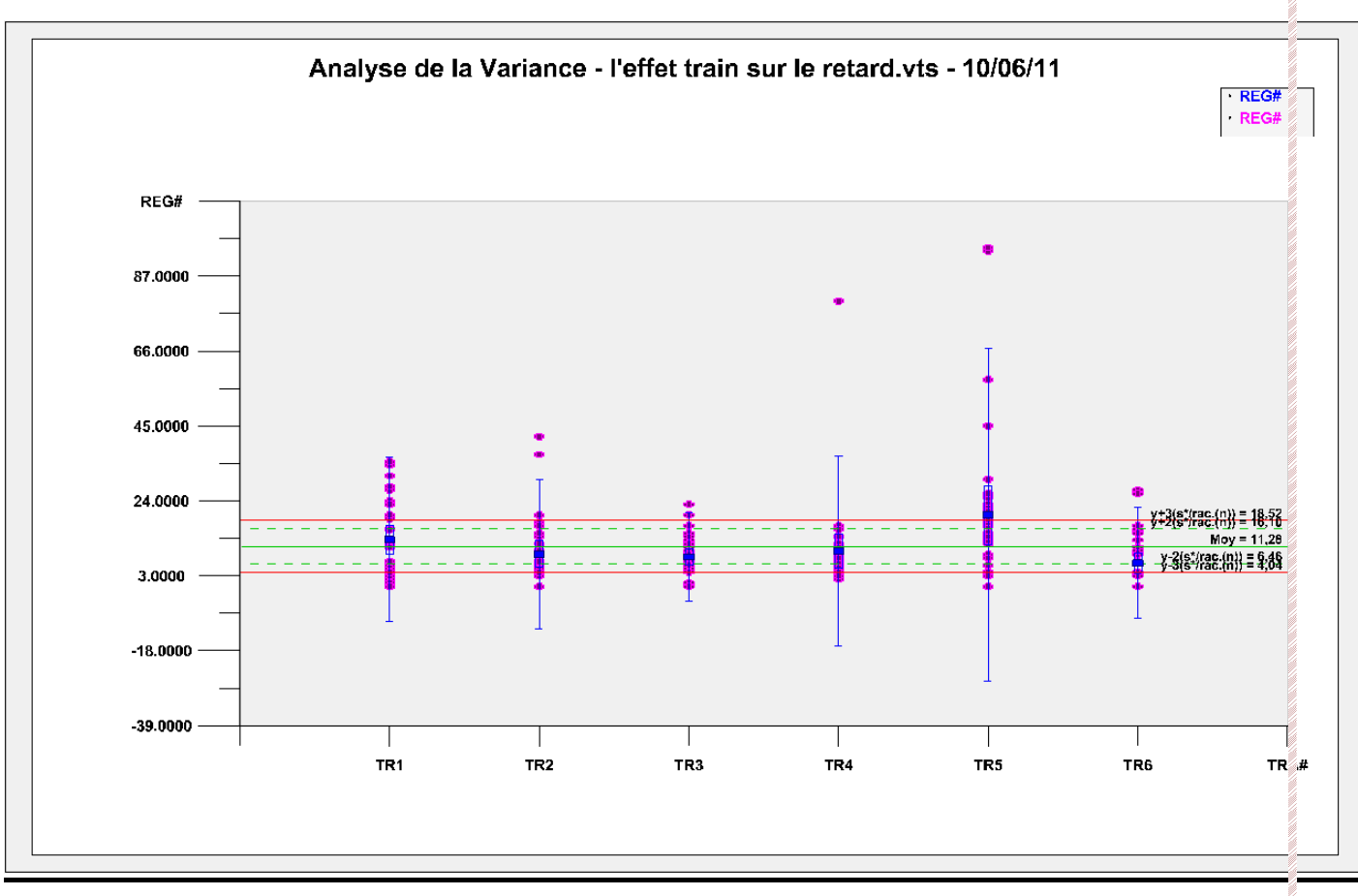
On fait la comparaison des moyennes avec l'analyse de la variance (ANOVA 1)

H_0 : $m_1=m_2=\ldots=m_6$

H_1 : il existe une moyenne différente des autres

Source	Somme des Carrés	Ddl	Carrés Moyens	Fisher	Confiance %	Risque (Alpha) %
TRA#	3711,6355	5	742,3271	4,1152	99,85	0,15
Résidus	32469,8268	180	180,3879			
Total	36181,4624	185				

On a F_{exp}= 4,1152 > $F_{0,05\ ;5\ ;180}$= 2.26431

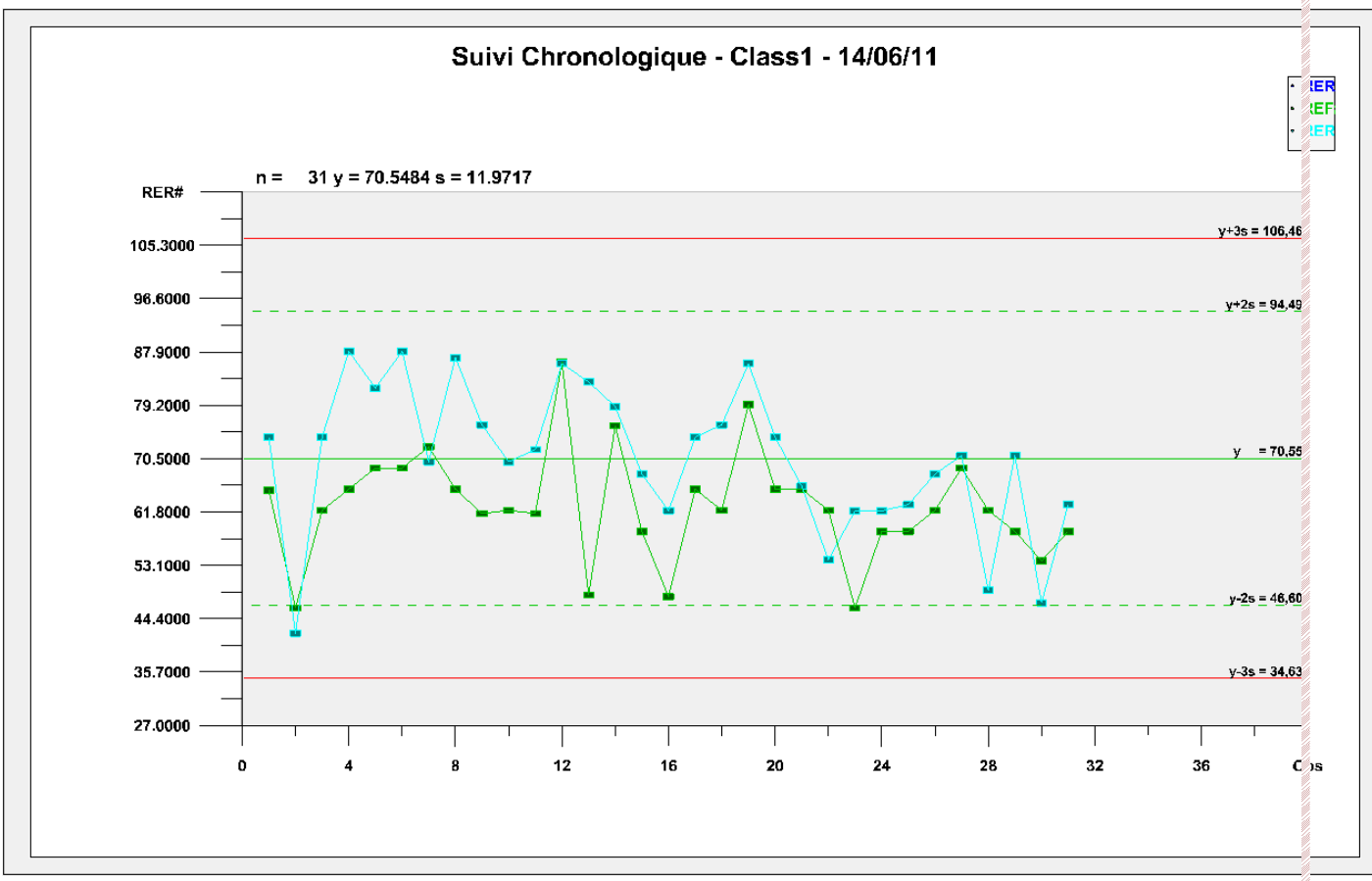


Moyenne Pondérée	Ecart-type entre les Moyennes	D.D.L.
11,2796	4,8935	5
Fisher Calculé	Confiance %	Risque (Alpha)%
4,1152	99,8542	0,1458

Les moyennes sont significativement différentes au seuil de confiance de 99,85%, et par suite il y a un effet train sur le retard. En effet, on a trois groupes :

Groupe	Nombre de Mesures	Moyenne
1	154	9,4481
	TR6-TR3-TR2-TR4-TR1	
2	32	20,0938
	TR5	

4. suivi chronologique de la régularité Fès et réseau



Comparaison des Moyennes

Statistique Calculée	Confiance %	Risque (Alpha)%	Loi
-2,9121	99,7483	0,2517	STUDENT

D’après le suivi chronologique et le test de comparaison des deux moyennes on conclu que la régularité à la gare de Fès est significativement plus faible que celui du réseau.

Conclusion

J'ai effectué un stage de deux mois au sein de l'office national des chemins de fer l'ONCF de Fès au centre circulation Fès, dans le cadre du projet de fin d'étude, basé sur l'étude de la régularité au départ de Fès.

Pour traiter ce sujet nous avons fait une approche statistique du problème afin de dégager l'effet des facteurs sur le retard des trains et savoir les facteurs les plus influant pour apporter des corrections.

En utilisant l'analyse de la variance nous avons mis en évidence l'effet des trains sur le retard.

A la fin de ce manuscrit nous avons comparé la régularité de Fès à celle du réseau.

Bibliographie

- F.EZZAKI cours DESS CAC AGIO
- O.AMMOR cours de statistique de licence CSA
- H .ZIAT cours de probabilité et statistique
- M.EL KHOMSSI cours de probabilité et statistique