

RÉPUBLIQUE DU CAMEROUN

Paix-Travail-Patrie

UNIVERSITÉ DE YAOUNDÉ I

ECOLE NORMALE SUPERIEURE

DÉPARTEMENT DE MATHÉMATIQUES



REPUBLIC OF CAMEROON

Peace-Work-Fatherland

UNIVERSITY OF YAOUNDE I

HIGHER TEACHER TRAINING

COLLEGE

DEPARTMENT OF MATHEMATICS

REDUCTION DES DELAIS DE TRAITEMENT DES DEMANDES PAR LA THEORIE DES FILES D'ATTENTE: CAS DU MINESEC

*Mémoire présenté et soutenu publiquement en vue de
l'obtention du DIPES II en Mathématiques par*

SIDA MINKOULOU Blaise

*Titulaire d'un DIPES I en Mathématiques, d'une Licence en
Mathématiques et d'un Master in Business
Administration(MBA/ESSEC) option : Finance et
comptabilité*

Matricule : 99Y452

Sous la supervision du :

Dr. NGONGO Isidore Séraphin

Chargé de Cours

**École Normale Supérieure, Université de
Yaoundé 1**

Année académique : 2018-2019

**RÉDUCTION DES DÉLAIS DE
TRAITEMENT DES DEMANDES PAR
LA THÉORIE DES FILES D'ATTENTE :
CAS DU MINESEC**

**Mémoire présenté et soutenu publiquement en vue de
l'obtention du DIPES II
de Mathématiques**

par

SIDA MINKOULOU Blaise

**Titulaire d'un DIPES I en Mathématiques, d'une Licence en
Mathématiques et d'un Master in Business
Administration(MBA/ESSEC) option : Finance et
comptabilité**

Matricule : 99Y452

Sous la supervision du

Dr. NGONGO Isidore Seraphin

Chargé de Cours à l'École Normale Supérieure de Yaoundé 1

Yaoundé, 2019



✠ Dédicace ✠

Je dédie ce travail de recherche à deux proches parents qui ont quittés ce monde terrestre et,
dont je salue les mémoires :

- ☞ D'abord ma Maman, Madame BANYAMNGA Frieda Esther, épouse MINKOULOU. Bien que partie le 30 Septembre 2011, ta mémoire reste vive en chacun de nous tes enfants ;
- ☞ Ensuite mon grand-père, Sa Majesté SIDA Blaise, chef de 3^{ème} degré du village EBANG-MENGONG par AFAN OYO'O, ELIG AKENG, ABILI, OZOM. Je retiens de tes paroles de sage «Qu'il ne faut jamais s'arrêter de bâtir et de régler les différends entre les frères, entre les soeurs, entre les êtres qui nous sont chers»

✠ Remerciements ✠

Je rends grâce à l'Éternel Dieu Créateur qui m'a permis de parachever ce travail dans la paix, en dépit de la pression et de la difficulté à accéder aux informations auprès de nos administrations publiques

Mes remerciements vont à l'endroit de :

- ☞ Mon Directeur de Recherche, j'ai nommé le Dr. NGONGO Isidore Séraphin ; merci d'avoir cru en ce projet qui paraissait improbable les premiers jours de nos entretiens.
- ☞ De l'ensemble du staff des Chargés de Cours, des Chargés de travaux dirigés et du personnel administratif du département de Mathématiques de l'Ecole Normale Supérieure de Yaoundé.« Merci de votre encadrement, merci de nous avoir poussé à dépasser nos limites» ;
- ☞ Mon jeune frère Gerard NJOUONANG DONGMO, ami et aîné académique qui par sa disponibilité légendaire, a été l'interface et le consultant qui m'aidait à me remettre en question avant de présenter le développement de mes travaux à mon Directeur de Recherche ;
- ☞ Du chef de département de Mathématiques de l'ENS de Yaoundé, J'ai nommé le Pr. TCHANTCHO Bertrand d'avoir été le bon père de famille qui savait toujours parler à ses étudiants, à ses enfants, de sorte à nous faire prendre les décisions qui s'imposaient pour l'acquisition du savoir et notre évolution académique.
- ☞ Je remercie ma bien aimée et compagne, Marie-Edwige NGONO, qui est mon soutien inconditionnel, de tous les temps, qui par sa magie sait ce qu'il faut faire pour me redonner courage et force pour redémarrer et maintenir le cap.«Merci chérie, pour tout»
- ☞ Mes camarades de classe de 4^e et 5^e année de Mathématiques, pour la solidarité tout azimut sans laquelle ce parcours aurait été plus difficile encore.
- ☞ Tous ceux qui de près ou de loin ont contribué à la réalisation de ce travail.

✠ Déclaration sur l'honneur ✠

Le présent document est une œuvre originale du candidat et n'a été soumis nulle part ailleurs en partie ou en totalité, pour une autre évaluation académique. Les contributions externes ont été dûment mentionnées et recensées en bibliographie.

Signature du candidat

SIDA MINKOULOU Blaise

✠ Table des matières ✠

Dédicace	ii
Remerciements	iii
Déclaration sur l'honneur	iv
Résumé	viii
Abstract	ix
Liste des abréviations et notations	x
Liste des figures	xi
Introduction générale	1
1 THÉORIE DE LA FILE D'ATTENTE	4
1.1 Historique	4
1.2 Structure de base	4
1.3 Notation de Kendall	5
1.4 Modèle de file d'attente	6
1.4.1 : modèle avec population infinie	6
1.4.2 Symboles et significations	6
1.4.3 Relations de base	7
1.5 Cas des modèle M/M/1 et M/M/s	8
1.5.1 Cas du modèle M/M/1	8
1.5.2 Cas du modèle M/M/s	9

2	MODÉLISATION DES DÉLAIS DE TRAITEMENT DES DEMANDES AU MINESEC	10
2.1	DESCRIPTION DE LA STRUCTURE DE BASE DU SYSTEME D'INFORMATION (SI) AU MINESEC, CHARGE DE LA GESTION DES FILES D'ATTENTE DES DEMANDES	10
2.2	Définition des concepts	11
2.3	Appropriation de la théorie des files d'attente dans le traitement des demandes au MINESEC	12
2.4	Comment les délais de traitement sont-ils calculés ?	14
2.4.1	Cas du modèle de type $M/M/1$	15
2.4.2	Cas du modèle de type $M/M/s$	16
3	RÉSOLUTION DE LA PROBLÉMATIQUE POSÉE	19
3.1	Fondement des données de notre étude	19
3.2	Choix d'un aménagement optimal pour la réduction des délais de traitement	20
3.2.1	Rappel de l'aménagement de file d'attente qui prévaut au service du courrier du MINESEC	20
3.2.2	Approche de résolution de la problématique par le choix d'un type d'aménagement optimal de la file d'attente	23
3.3	Approche de résolution de la problématique posée par un calibrage régulateur du trafic des demandes ρ	32
3.3.1	Explication de la problématique relative à la solution envisagée	32
3.3.2	Présentation du spectre de la solution Mathématiques	32
3.3.3	Fonctionnement cyclique du travail au service central du courrier du MINESEC avec la 2 ^e solution par le même système de Kendall $M/M/3$	33
3.4	Calcul et réduction des délais de traitement de la situation ex ante à la situation ex post par notre 1 ^{ère} solution de réduction : le choix d'un type d'aménagement optimal de file d'attente	34
3.4.1	Calcul des délais de traitement	34
3.4.2	Réduction des délais de traitement de la situation ex ante à la situation ex post par notre 1 ^{ère} solution de résolution de la problématique posée	35
3.5	Présentation de nos solutions de réduction	37

4	RÉSULTATS OBTENUS PAR NOS SOLUTIONS DE RÉDUCTION	39
4.1	1er résultat obtenu : Augmentation de la capacité globale de service du système. (Nombre moyen de demandes potentiellement traitées)	39
4.2	2e résultat obtenu : Réduction des délais de traitement des demandes au niveau du service central des courriers entrants, premier compartiment du SI au MINESEC	40
4.3	3e résultat obtenu : Réduction effective des délais de traitement des demandes au niveau du service central des courriers sortants, dernier compartiment du SI au MINESEC	40
5	IMPLICATIONS PÉDAGOGIQUES	43
5.1	Sur l’enseignant et la gouvernance des établissements scolaires	43
5.2	Sur les apprenants et le management des organisations en quête de performance	44
5.3	Aptitude à comprendre, mobiliser et construire des connaissances	44
5.4	Aptitude à mener un raisonnement logique	44
5.5	Initiation à l’usage des nouvelles technologies de l’information et de la communication	45
	CONCLUSION ET PERSPECTIVES	47
	Bibliographie	48
	Annexe	50
	Annexe	50

✠ Résumé ✠

Dans ce travail, nous donnons des solutions à la réduction des délais de traitement des demandes au Ministère des Enseignements Secondaires (MINESEC) en s'appuyant sur la théorie des files d'attente. Ceci par le choix d'un management optimal ou par la réduction du trafic offert.

Mots-clés : Délais de traitement, demande, file d'attente, client, serveur,

✠ Abstract ✠

In this work, we give solutions to the reduction of processing times for requests to the Ministry of Secondary Education (MINESEC) based on the theory of queues. This by choosing an optimal management or by reducing the traffic offered.

Keys words : : Processing time, request, queue, client, server,

✧ Liste des abréviations et notations ✧

GDP Gestion Des Opérations

BTP Bâtiment et Travaux Publics

MINESEC Ministère des Enseignements SECondaires

✠ Table des figures ✠

1.1	structure de base	4
2.1	10

✧ Introduction générale ✧

Le concept **GOP** ou concept Gestion des OPérations, est un concept essentiel dans le management des entreprises ou organisations modernes des années 2019 de notre ère, qu'il s'agisse d'entreprises technologiques, industrielles ou de services ; selon ce concept en effet, l'activité des organisations modernes correspond à un modèle managérial de processus en trois séquences : la réception ou collecte des Intrants, leur transformation et enfin la production des Extrants sectoriels à l'entité concernée. Le concept **GOP** devant être en adéquation avec les règles de l'économie de marché d'aujourd'hui et son nouveau paradigme qui considère le **client** comme la principale partie prenante de l'organisation, comme sa raison d'être qui, pour être satisfaite, exige de plus en plus d'être **livrée** à temps c'est-à-dire, dans de brefs délais connus d'avance grâce aux processus d'entreprise bien maîtrisés dans l'environnement concurrentiel qu'est le **Marché**. De tout cela, il s'en est suivi plusieurs travaux

Notre étude par contre, va s'intéresser à l'analyse de la durée de traitement des demandes dans l'administration publique Camerounaise et notamment, au Ministère des Enseignements Secondaires (MINESEC) dans l'optique de pouvoir la réduire.

Mais pourquoi s'intéresser au délais de traitement au MINESEC ? Tout simplement parce qu'en plus du fait que nous qui commanditons l'étude, sommes cadre public en service au MINESEC, il s'avère que le MINESEC soit par ailleurs l'une des rares sectorielles ministérielles Camerounaises dont les indicateurs (Effectif global en personnel, représentation géographique sur le territoire national, budgets alloués au fil des ans, ...) sont suffisamment pertinents pour constituer un échantillon de nos travaux de recherche. **QUIZ** : Les demandes. Qu'entendons nous ici par demandes au MINESEC ?

Une demande est tout dossier commandité par un agent public personnel d'une sectorielle (MINESEC), qu'il adresse à son administration-employeur pour la gestion des aspects suivants de sa carrière (**voir annexe**)

Par conséquent, les demandes ainsi définies et déposées au service central du courrier du MINESEC, constituent les Intrants réceptionnés dans le concept **GOP** au sein de cette sectorielle ministérielle ; la transformation de ces Intrants correspond à la phase de traitement de ces demandes dans un délais donné et, la production des Extrants correspond à la signature en dernier ressort des actes administratifs tels les Décisions, Arrêtés ou Décrets Ministériels, en réponse aux demandes introduites par les personnels usagers et consommateurs des prestations intellectuelles du MINESEC. Pour clôturer les définitions des concepts clés de notre travail, nous entendons par **délais de traitement** l'intervalle de temps pendant lequel les demandes sont réceptionnées complètes puis enregistrées au service central du courrier du MINESEC, avant d'être **dispachées** ou redirigées pour examen et analyse, vers les unités de traitement accréditées (les serveurs) de la chaine de responsabilités, jusqu'à la production en fin de processus, d'actes administratifs appropriés.

Cette étude que nous menons a pour objet de réduire les **délais de traitement des demandes** mieux que ce qui prévaut actuellement. Et pour y parvenir, nous allons utiliser quatre outils Mathématiques :

- La théorie des files d'attente[2].
- La représentation graphique des fonctions inverses à l'aide du logiciel GEOGEBRA
- La modélisation de la fonction délais de traitement $f_d(\lambda, \mu)$ ou $f_d(\lambda, \rho)$
- Le calcul numérique (analyse mathématique) pour le calcul des ordres de réduction des délais de traitement et le calcul du temps de réduction de ces délais.

Enfin, notre étude présente les particularités ci-après :

✎ **Son intérêt** : il est multiple

- **Un intérêt structurel pour la technostucture de l'administration publique Camerounaise**

Notre étude contribuera à l'amélioration des processus dans l'aspect de leur célérité et notamment, les processus **réception des demandes et traitement des demandes**

- **Un intérêt social** : Notre étude améliorera le quotidien des personnels usagers du MINESEC, surtout ceux des régions du pays les plus éloignées de la capitale, qui devaient constamment organiser des voyages pour contrôler l'avancée du niveau de traitement de leurs demandes en raison des délais de traitement inconnus à l'avance
- **Un intérêt managérial** : Notre étude peut être une contribution à la performance de l'administration publique Camerounaise, souhaitée dans les discours par les autorités

politiques qui l'incarnent

✍ **Sa problématique ou sa question centrale :**

Comment réduire les délais de traitement des demandes au MINESEC, dans la perspective d'une émergence souhaitée de notre économie ?

✍ **Son hypothèse de recherche ou réponse à la problématique :**

– Choix d'un aménagement optimal de la file d'attente pour réduire les délais de traitement des demandes

– Réduction du trafic offert (des demandes) $\rho = \frac{\lambda}{s\mu}$ pour réduire les délais de traitement.

Pour apporter une réponse à cette question centrale, nos travaux s'articuleront en cinq chapitres ainsi qu'il suit : au chapitre un, nous donnerons les préliminaires sur la théorie des files d'attente où nous rappellerons quelques notions indispensables à notre travail. Le chapitre deux sera consacré à la modélisation des délais de traitement des demandes au MINESEC. Le chapitre trois sera consacré à la résolution de la problématique posée. Au chapitre quatre nous présentons les trois résultats obtenus grâce à nos deux solutions de réduction et enfin, le cinquième chapitre sera consacré aux implications pédagogiques de notre travail de recherche.

La restitution définitive de notre travail scientifique, s'achèvera par une conclusion et perspectives. précisons qu'à la suite de ce rendu de nos travaux, figurent une **BIBLIOGRAPHIE** et une **ANNEXE** mettant en relief la typologie des demandes des usagers dans la gestion de leurs carrières.

THÉORIE DE LA FILE D'ATTENTE

1.1. Historique

La théorie de la file d'attente[2] est une théorie mathématique relevant du domaine des probabilités, qui étudie les solutions optimales de gestion des files d'attente, ou queues. Une queue est nécessaire et se créera d'elle-même si ce n'est pas anticipé, dans tous les cas où l'offre est inférieure à a demande, même temporairement. Elle peut s'appliquer à différentes situations :

- Gestion des avions au décollage ou à l'atterrissage
- Attente des clients et des administrés aux guichets
- Stockage des programmes informatiques avant leur traitement

Ce domaine de recherches, né en 1917, des travaux de l'ingénieur danois Erlang sur la gestion des réseaux téléphoniques de Copenhague entre 1909 et 1920, étudie notamment les systèmes d'arrivée dans une queue, les différentes priorités de chaque nouvel arrivant, ainsi que la modélisation statistique des temps d'exécution. C'est grâce aux apports des mathématiciens Khintchine, Palm, Kendall, Pollaczek et Kolmogorov que la théorie s'est vraiment développée

1.2. Structure de base

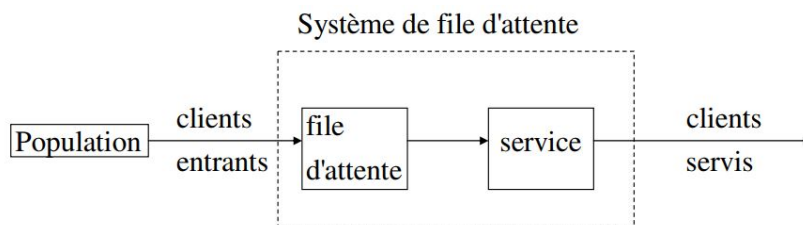


FIGURE 1.1 – structure de base

Population : La population constitue la source de clients potentiels. Elle est caractérisée par son nombre d'élément (fini ou infini).

Clients : Les clients (issus de la population) se joignent au système avec un taux moyen d'arrivée.

File d'attente ou queue La file d'attente est caractérisée par le nombre maximum permis de clients en attente (fini ou infini)

Service : Le service peut être assuré par un ou plusieurs serveurs. Le temps qui s'écoule entre le début et la fin de service d'un client est dénoté le temps de service suivant une distribution de probabilité. Donc le taux de service est une autre caractéristique du système. Les systèmes de files d'attente fonctionnent avec serveur unique ou serveurs multiples (plusieurs serveurs travaillant en équipe constituent un serveur unique, par exemple une équipe chirurgicale). Les exemples de systèmes de files d'attente avec serveur unique sont nombreux : les petits magasins avec une seule caisse, tels que les dépanneurs, certains cinémas, certains lave-autos et établissements de restauration rapide avec guichet unique.

Stratégie de service La stratégie de service réfère à l'ordre selon lequel les clients sont servis : premier arrivé premier servi (PEPS), au hasard, selon des priorité, ?

1.3. Notation de Kendall

En théorie des files d'attente, la **notation de Kendall**[13] est une notation qui permet de décrire un système à l'aide de six paramètres. Elle porte le nom du mathématicien David George Kendall qui l'a introduite en 1953.

La notation de Kendall est une suite de 6 symboles **a/s/C/k/m/Z**

- ☞ **a** indique la loi de probabilité des instants d'arrivées, par exemple M pour la loi de poisson ou la loi exponentielle
- ☞ **s** indique la loi de probabilité de la durée de service ; on utilise les mêmes symbole que précédemment
- ☞ **C** indique le nombre de serveurs.
- ☞ **k** est la capacité totale du système, c'est-à-dire le nombre de serveurs plus le nombre de places en attente.
- ☞ **m** indique la population totale de clients (par exemple : nombre d'inscrits sur une liste électorale dans le cas d'une file d'attente à un bureau de vote).
- ☞ **Z** désigne la discipline de service, par exemple **first in, first out** (FIFO en français **premier arrivé, premier servi : PEPS**) C'est la règle la plus communément utilisée

dans les entreprises de services ; elle procure aux clients un sentiment de justice, bien qu'elle pénalise les clients dont le temps de service est court. Elle est appliquée dans les banques, les magasins, les cinémas, les restaurants, les intersections avec arrêt obligatoire, les contrôles douaniers, etc... Certains systèmes ne s'en servent pas : les salles d'urgence des hôpitaux, en général, utilisent trois niveaux de priorité (les cas graves étant traités en priorité) ; les usines traitent les commandes urgentes et les ordinateurs centraux traitent les tâches par ordre d'importance.

Très souvent, les trois derniers symboles de la notation sont omis avec par défaut, **k** infini, **m** infini et **Z** en **premier arrivé, premier servi**

1.4. Modèle de file d'attente

1.4.1. : modèle avec population infinie

Plusieurs modèles de files d'attente sont à la disposition des gestionnaires pour leur permettre de concevoir des systèmes de production de biens ou de services ou de représenter un système réel afin d'en analyser la performance. Dans cette section nous présenterons quelques cas de modèles et nous nous attarderons sur le cas nous intéresse.

On suppose que le système étudié est en régime permanent (stationnaire), c'est-à-dire que les taux d'arrivée et de service sont stables. Les quatre modèles présentés sont :

- ☞ Serveur unique, temps de service exponentiel.
- ☞ Serveur unique, temps de service constant.
- ☞ Serveurs multiples, temps de service exponentiel.
- ☞ Serveurs multiples, règles de priorité multiples, temps de service exponentiel

Afin de faciliter l'utilisation de notre modèle ,nous présentons ci-dessous les symboles et la terminologie utilisés pour les modèles avec population infinie.

1.4.2. Symboles et significations

Ces symboles et significations nous viennent de [15]

Symboles	Significations
λ	Taux d'arrivé des clients
μ	Taux de service
ρ	Taux d'utilisation du système
\bar{n}_l	Nombre moyen de clients qui attendent d'être servi
\bar{n}_s	Nombre moyen de clients dans le système (clients qui attendent et clients qui sont entrain d'être servi)
$\frac{1}{\mu}$	temps de service
\bar{t}_l	Temps moyen d'attente en file
\bar{t}_s	Temps moyen d'attente dans le système (temps moyen d'attente en file, plus le temps moyen de service)
P_0	Probabilité qu'il ait zéro unité (clients) dans le système
P_n	Probabilité qu'il y ai n unités (clients) dans le système
s	Nombre de serveurs
$s\mu$	Taux de service pour le système $M/M/s$

1.4.3. Relations de base

Dans les modèles de files d'attente avec population infinie, il existe certaines relations de base (entre certains paramètres et les mesures de performance) qui permettent de déterminer les mesures de performance désirées grâce à quelques valeurs clés. Les principales relations sont présentées ci-dessous :

Remarque 1.4.1. Les taux d'arrivée (λ) et de service (μ) doivent être exprimés dans la même unité de mesure (clients à l'heure, clients par minute, etc.).

☞ **Le taux d'utilisation du système** : il représente le rapport entre la demande (mesurée grâce au taux d'arrivée, λ) et la capacité de service (produit du nombre de serveurs s par le taux de service, μ)

$$\rho = \frac{\lambda}{s\mu}$$

☞ Le nombre moyen de clients en train d'être servis si $s = 1$:

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu}$$

☞ **Le nombre moyen de clients en file** : \bar{n}_l est obtenu à partir d'une table ou de la formule appropriée, selon le modèle en question

☞ **Le nombre de clients dans le système** :

$$\bar{n}_s = \bar{n}_l + \rho$$

Le temps moyen d'attente en file :

$$\bar{t}_l = \frac{\bar{n}_l}{\lambda}$$

☞ **Le temps moyen d'attente dans le système** :

$$\bar{t}_s = \bar{t}_l + \frac{1}{\mu} = \frac{\bar{n}_s}{\lambda}$$

Pour ces modèles, le taux d'utilisation du système doit être inférieur à 1 ($\lambda < s\mu$). D'autre part, ces modèles ne s'appliquent qu'à des systèmes non congestionnés. Il n'y a aucune utilité à analyser les systèmes dans lesquels $\lambda > s\mu$, car il est évident que dans de tels cas, ils sont congestionnés.

Le nombre moyen de clients qui attendent en file (\bar{n}_l) est l'élément clé qui sert à déterminer les autres mesures de performance du système, tels le nombre moyen de clients dans le système, le temps moyen passé en file et le temps moyen passé dans le système. Par conséquent, lorsqu'on veut résoudre des problèmes de files d'attente, la première mesure de performance à considérer est \bar{n}_l .

1.5. Cas des modèle M/M/1 et M/M/s

1.5.1. Cas du modèle M/M/1

Le modèle classique (le plus simple) d'analyse des files d'attente concerne les systèmes comptant un seul serveur (ou une seule équipe). La règle de priorité est « premier entré, premier servi (PEPS) » ; on suppose que le processus d'arrivée suit une loi de Poisson et que le temps de service suit une loi exponentielle. Il n'y a aucune restriction quant à la longueur de la file proprement dite.

nous présentons les formules servant à calculer les mesures de performance pour un modèle avec serveur unique. On les utilise conjointement avec les formules précédentes [15]

Mesure de performance	Équation
Nombre moyen de clients en file	$\bar{n}_l = \frac{\lambda^2}{\mu(\mu - \lambda)}$
Nombre moyen de clients dans le système	$\bar{n}_s = \frac{\lambda}{\mu - \lambda}$
Temps moyen d'attente en ligne	$\bar{t}_l = \frac{\lambda}{\mu(\mu - \lambda)}$
Temps moyen passé dans le système	$\bar{t}_s = \frac{1}{\mu - \lambda}$
Probabilité qu'il ait zéro unité dans le système	$P_0 = 1 - \frac{\lambda}{\mu}$
Probabilité qu'il y ait n unités dans le système	$P_n = P_0 \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n$
Probabilité qu'il y ait au moins n unités dans le système	$P_{\leq n} = 1 - \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n$

1.5.2. Cas du modèle M/M/s

Un tel modèle existe lorsqu'il y a deux serveurs ou plus qui travaillent en parallèle, de façon indépendante. Il faut tout d'abord vérifier les hypothèses suivantes :

- Le processus d'arrivée est distribué selon une loi de Poisson et le processus de service, selon une loi exponentielle.
- Le taux de service moyen est identique pour tous les serveurs.
- Les clients sont traités selon l'ordre d'arrivée : premier entré, premier servi (règle PEPS).

on constate que les formules sont beaucoup plus complexes que celles du modèle M/M/1, particulièrement celles qui déterminent \bar{n}_l et P_0 . Nous vous les présentons pour montrer leur complexité et compléter la description de ce modèle

Mesure de performance	Équation
Nombre moyen de clients en file	$\bar{n}_l = \frac{\lambda \mu \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^s}{(s-1)!(s\mu - \lambda)^2} P_0$
Probabilité qu'il y ait zéro unité dans le système	$P_0 = \left[\sum_{n=0}^{s-1} \frac{\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n}{n!} + \frac{\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^s}{s! \left(1 - \frac{\lambda}{s\mu}\right)} \right]^{-1}$
Temps moyen pour un client potentiel non servi immédiatement	$\bar{t}_a = \frac{1}{s\mu - \lambda}$
Probabilité qu'un client potentiel attende avant d'être servi	$P_w = \frac{\bar{t}_l}{\bar{t}_a}$

MODÉLISATION DES DÉLAIS DE TRAITEMENT DES DEMANDES AU MINESEC

2.1. DESCRIPTION DE LA STRUCTURE DE BASE DU SYSTEME D'INFORMATION (SI) AU MINESEC, CHARGE DE LA GESTION DES FILES D'ATTENTE DES DEMANDES

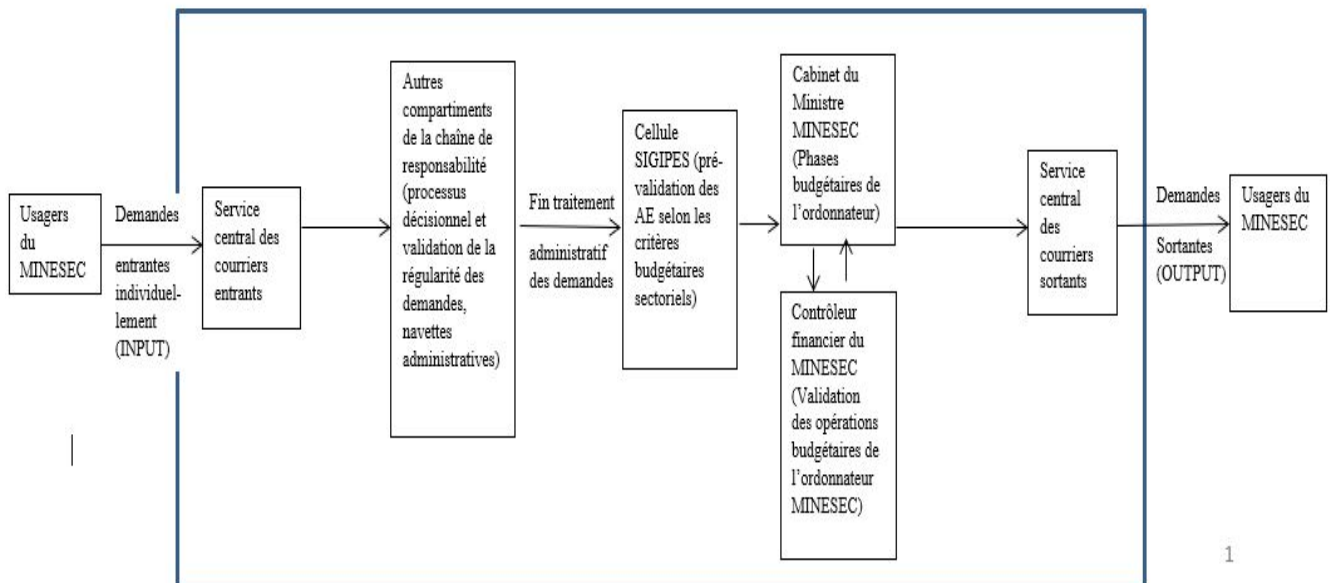


FIGURE 2.1 –

Dans notre travail, nous disposons :

- ☞ D'un ensemble infini de demandes, une demande est vue dans la théorie des file d'attente comme étant un client et nous nous trouvons dans le modèle de population infinie
- ☞ D'un ensemble fini de service ce qui correspond dans le cadre de la théorie des files d'attente comme étant les serveurs

2.2. Définition des concepts

Nous rappelons ici les définitions des mots clés de notre travail

Définition 2.2.1

Une demande est un dossier constitué :

- d'une lettre administrative (à forme personnel ou entre service) ;
- des pièces générales ;
- des pièces justificatives

généralement adressé à une sectorielle (MINSEC) par tout personnel y travaillant ou encore par tout autre sectorielle, afin d'obtenir en fin de processus des actes administratifs (décisions, arrêtés, décrets) émanant de l'Exécutif sectoriel

Les demandes seront considérées comme étant des clients pour ici faire la liaison avec la théorie des files d'attente.

Définition 2.2.2

Le délais de traitement c'est l'intervalle de temps pendant la quelle les demandes sont réceptionnées complètes puis, enregistrées au service du courrier avant d'être dispatchées pour examen et analyse, vers des unités de traitement accrédités (serveurs) de la chaine des responsabilités jusqu'à la production en fin de processus de traitement, d'un acte administratif en fin de processus

2.3. Appropriation de la théorie des files d'attente dans le traitement des demandes au MINESEC

Dans cette section, nous nous proposons de définir les 6 symboles de la **notation de Kendall** afin de pouvoir mettre en application les formules déjà à notre disposition.

Remarque 2.3.1. Dans les administrations publiques Camerounaises, les ministères et notamment le MINESEC, fonctionnent comme suit :

- Le travail débute à 07h30
- Les services sont ouverts aux usagers de 11h à 15h30 soit, 03h30 pour le temps de service proprement dit (07h30 – 11h) et 04h30 pour le temps de réception ou d'arrivées des demandes

1. Comment arrivent les demandes au MINESEC ?

Chaque mois, on observe :

- Un flux impressionnant des demandes du 24^e jour du mois au 5^e jour du mois qui suit, soit environ $\lambda = 15$ demandes à l'heure.
- Un flux très réduit des demandes du 6^e jour du mois au 23^e jour du même mois, soit environ $\lambda = 03$ demandes/heure

☞ Du 1^e au 5^e jour d'un mois N

$$\lambda = 15 \text{ demandes} \times 4,5h \times 5 \text{ jours} = 337,5 \text{ demandes en 5 jours}$$

☞ Du 6^e jour au 23^e jour du mois N

$$\lambda = 3 \text{ demandes} \times 4,5h \times 18 \text{ jours} = 243 \text{ demandes en 18 jours}$$

☞ Du 24^e jour à la fin du mois

* Si le mois compte 28 ou 29 jours (mois de février)

$$\lambda = 15 \text{ demandes} \times 4,5h \times 5 \text{ jours} = 337,5 \text{ demandes pour une fin du mois de 28 jours}$$

$$\lambda = 15 \text{ demandes} \times 4,5h \times 6 \text{ jours} = 405 \text{ demandes pour une fin du mois de 29 jours}$$

* Si le mois est de 30 jours

$$\lambda = 15 \text{ demandes} \times 4,5h \times 7 \text{ jours} = 472,5 \text{ demandes pour une fin du mois de 30 jours}$$

* Si le mois est de 31 jours

$$\lambda = 15 \text{ demandes} \times 4,5h \times 8 \text{ jours} = 540 \text{ demandes pour une fin du mois de 31 jours}$$

Hypothèse générale 2.3.1. Nous supposerons dans notre cas d'étude (MINESEC) que

le processus d'arriver des demandes suit une distribution de poisson de paramètre λ

Remarque 2.3.2. Le premier symbole de la notation de Kendall sera donc M pour dire que le processus d'arrivé suit une loi de poisson.

2. Distribution du temps de service ou encore de la durée du traitement des demandes

Hypothèse générale 2.3.2. Nous supposons dans notre cas d'étude (MINESEC) que le processus d'arriver des demandes suit une distribution exponentielle

Remarque 2.3.3. Le deuxième symbole de la notation de Kendall sera donc M pour dire que le processus d'arrivé suit une distribution exponentielle.

3. Le nombre de serveurs : C

Dans notre cas d'espèce, on parlera du nombre d'unités de traitement accréditées pour examiner et analyser les demandes entrées dans le SI, tout au long de la chaîne de responsabilité.

Dans notre étude du phénomène de réception des demandes, le service central du courrier du MINESEC dispose de 1 à 3 agents qui réceptionnent les demandes ($C = 1, 2$ ou 3). Toutefois, l'on observe que le plus souvent, un seul agent (serveur) qui assure le service de réception des demandes.

4. La capacité totale du système : K

C'est-à-dire le nombre de serveur plus le nombre de places en attente

On supposera dans notre cas d'espèce sans nuire à la généralité que la capacité est illimitée puis que les demandes arrivent chaque fois.

5. Population totale des clients : m

Dans notre cas d'espèce, il s'agit de la population totale des demandes que nous supposons illimitée.

La population totale des demandes correspond à :

- L'effectif des demandes venant du personnel du MINESEC qu'on peut assimiler cet effectif au nombre total du personnel au MINESEC
- Ajouté aux autres personnels extérieur au ministère qui viennent introduire des demandes.

6. Discipline de service :

La discipline de la file d'attente concerne l'ordre de traitement des clients. Dans tous les modèles décrits dans les pages suivantes, on suppose que la règle de priorité est :

premier entré, premier servi (PEPS). C'est la règle la plus communément utilisée dans les entreprises de services ; ainsi nous utiliserons la discipline **PEPS**.

Remarque 2.3.4. Ainsi dans le cadre de notre travail, **notation de Kendall** correspondant à notre système sera

$M/M/s$ avec $s = 1, 2$ ou 3 .

2.4. Comment les délais de traitement sont-ils calculés ?

Les délais de traitement vous indique combien de temps il pourrait s'écouler pour le traitement d'une demande dans des circonstances normales.

Un délais de traitement commence le jour où nous recevons une demande et se termine lorsque nous prenons une décision. Si on présente une demande par la poste, le délais commence quand votre demande arrive dans la salle du courrier. Si on présente la demande en ligne ou en personne, il commence lorsque qu'on soumet la demande.

Divers facteurs peuvent avoir une incidence (influence) sur les délais, notamment :

- ☞ Le type de demande présenté (complexité, ordre de priorité, etc)
- ☞ Si la demande est complète
- ☞ La rapidité avec laquelle on prévoit de traiter les demandes déjà reçues
- ☞ La facilité avec laquelle on peu vérifier les information sur la demande
- ☞ Le temps qu'il faut pour répondre à des préoccupations
- ☞ D'autres facteurs

Pour certains demandeurs de la résidence permanente qui n'ont pas encore présentés de demande, les délais de traitement présentent des projections

- ☞ Les délais de traitement sont mesurés en fonction du nombre actuel de demandes en attente de traitement et de la rapidité avec laquelle on prévoit de traiter 80% d'entre elles.

Pour d'autres d'autres demandeurs, les délais de traitement sont calculés selon les données historiques :

- ☞ Les délais sont calculés en fonction du temps qui était nécessaire pour traiter 80% des demandes dans le passé.

Ainsi on peut donc définir le **délais de traitement d'une demande** comme étant le temps moyen de traitement de traitement dans le système.

Ce qui fait que cette fonction dépend du taux d'arrivé des clients ou encore des demandes (λ) et du taux de service (μ).

2.4.1. Cas du modèle de type $M/M/1$

Les files d'attente sont la conséquence directe de phénomènes aléatoires et du degré élevé de variabilité des taux d'arrivée et de service. Si, dans un système donné, on arrive à diminuer ou à réduire les variations d'un taux ou des deux, on peut également raccourcir les files d'attente de façon significative. Toutefois, dans le cas où les temps de service sont constants, le nombre moyen de clients qui attendent en file diminue de moitié.

Dans ce cas on a définition suivante :

Définition 2.4.1

La fonction de délais de traitement f_d définie par :

$$\forall \lambda, \mu \geq 0, \text{ avec } \lambda < \mu, \quad f_d(\lambda, \mu) = \frac{1}{\mu - \lambda}$$

Interprétation 2.4.1. La fonction délais de traitement des demandes est le temps moyen passé dans le système pour une demande.

comme autres relations, on a :

$$\begin{aligned} f_d(\lambda, \mu) &= \frac{1}{\mu - \lambda} \\ &= \frac{1}{\mu \left(1 - \frac{\lambda}{\mu}\right)} \\ &= \frac{\frac{\lambda}{\mu}}{\lambda \left(1 - \frac{\lambda}{\mu}\right)} \\ &= \frac{\rho}{\lambda(1 - \rho)} \quad \text{avec } \rho = \frac{\lambda}{\mu} \end{aligned}$$

Ainsi comme autre relation, nous avons : $f_d(\lambda, \rho) = \frac{\rho}{\lambda(1 - \rho)}$

Remarque 2.4.1. Lorsque $\rho \rightarrow 1$, on a $f_d(\lambda, \mu) \rightarrow +\infty$

Alors lorsqu'il s'agit d'un modèle à serveur unique, il faut travailler de sorte à ne pas permettre que $\rho \rightarrow 1$.

Exemple 2.4.1. Le MINESEC envisage d'ouvrir un point de réception des demandes dans un nouveau centre. Il compte y faire travailler un agent qui sera responsable des réceptions et de traitement. On prévoit un achalandage de 15 demandes à l'heure en moyenne ; on estime aussi que la distribution des arrivées peut être calculée selon la loi de Poisson et que le temps de service sera de 3 minutes en moyenne par demande (distribution exponentielle). Déterminez les mesures de performance suivantes :

- Taux d'utilisation du système.
- Pourcentage d'inactivité de l'agent.
- Nombre moyen de demandes qui attendent d'être traitée.
- Temps moyen passé par une demande dans le système.
- Probabilité qu'il n'y ait aucune demande dans le système et probabilité qu'il y ait quatre demandes dans le système.

$\lambda = 15$ clients à l'heure et 3 minutes/client = temps de service = $\frac{1}{\mu}$

donc $\mu = \left(\frac{1 \text{ client}}{3 \text{ minutes}}\right) \times 60 \text{ minutes par heure} = 20$ clients à l'heure

a $A = \rho = \frac{\lambda}{s\mu} = \frac{15}{1 \times 20} = 0,75$ Ainsi, le serveur est utilisé à 75% de sa capacité

b Pourcentage d'inactivité = $1 - \rho = 1 - 0,75 = 0,25$, c'est-à-dire 25% du temps

c $\bar{n}_l = \frac{15^2}{20(20 - 15)} = 2,25$ clients

d $f_d(\lambda, \mu) = \frac{1}{20 - 15} = 0,20$ heure ou 12 minutes

e $P_0 = 1 - \frac{15}{20} = 0,25$ et $P_4 = P_0 \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^4 = 0,25(15/20)^4 = 0,079$

2.4.2. Cas du modèle de type $M/M/s$

Dans ce cas on a la définition suivante

Définition 2.4.2

La fonction de délais de traitement f_d définie par :

$$\forall \lambda \geq 0, \mu, \text{ avec } \lambda < s\mu, \quad f_d(\lambda, \mu) = \frac{1}{s\mu - \lambda}$$

comme autres relations, on a :

$$\begin{aligned}
 f_d(\lambda, \mu) &= \frac{1}{s\mu - \lambda} \\
 &= \frac{1}{\mu \left(s - \frac{\lambda}{\mu} \right)} \\
 &= \frac{1}{s\mu \left(1 - \frac{\lambda}{s\mu} \right)} \\
 &= \frac{\frac{\lambda}{s\mu}}{\lambda \left(1 - \frac{\lambda}{s\mu} \right)} \\
 &= \frac{\rho}{\lambda(1 - \rho)} \quad \text{car } \rho = \frac{\lambda}{s\mu}
 \end{aligned}$$

Ainsi comme autre relation, nous avons : $f_d(\lambda, \rho) = \frac{\rho}{\lambda(1 - \rho)}$ avec $\rho = \frac{\lambda}{s\mu}$

Remarque 2.4.2. La fonction délais de traitement s'exprime de la même façon dans les deux modèles, ce qui est évident puisque $M/M/1$ est un cas particulier de $M/M/s$.

Exemples 2.4.1. Le MINESEC envisage d'ouvrir un point de réception des demandes dans un nouveau centre. Il compte y faire travailler trois (serveurs) agents qui seront responsables des réceptions et de traitement. On prévoit un achalandage de 20 demandes à l'heure en moyenne ; on estime aussi que la distribution des arrivées peut être calculée selon la loi de Poisson et que le temps de service sera de 2 minutes en moyenne par demande (distribution exponentielle). Déterminez les mesures de performance suivantes :

- Taux d'utilisation du système.
- Pourcentage d'inactivité de l'agent.
- Nombre moyen de demandes qui attendent d'être traitée.
- Temps moyen passé par une demande dans le système.
- Probabilité qu'il n'y ait aucune demande dans le système et probabilité qu'il y ait quatre demandes dans le système.

$$\lambda = 20 \text{ clients à l'heure et } 2 \text{ minutes/client} = \text{temps de service} = \frac{1}{\mu}$$

donc $\mu = \left(\frac{1 \text{ client}}{2 \text{ minutes}} \right) \times 60 \text{ minutes par heure} = 30 \text{ clients à l'heure}$

$$a) A = \rho = \frac{\lambda}{s\mu} = \frac{20}{3 \times 30} = 0,22. \text{ Ainsi, le serveur est utilisé à } 22\% \text{ de sa capacité.}$$

b Pourcentage d'inactivité $= 1 - \rho = 1 - 0,22 = 0,788$, c'est-à-dire 78% du temps

c $\bar{n}_l = \frac{20^2}{30(30 - 20)} = 1,33$ clients

d $f_d(\lambda, \mu) = \frac{1}{30 - 20} = 0,01$ heure ou 6 minutes

e $P_0 = 1 - \frac{20}{30} = 0,66$ et $P_4 = P_0 \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^4 = 0,66(20/30)^4 = 0,000066$

Remarque 2.4.3. Au regard de ce qu'on vient de voir à travers ces deux exemples, on remarque une évolution du temps de traitement des demandes lorsqu'on passe à trois (6 minutes) serveurs que lorsqu'on était à un seul serveur (12 minutes)

RÉSOLUTION DE LA PROBLÉMATIQUE POSÉE

3.1. Fondement des données de notre étude

Nous tenons à préciser que devant notre ambition à constituer un échantillon significatif et pertinent des demandes entrant dans le SI du MINESEC à une date $t - 0$ pour en ressortie un peu plus tard à une date $t_0 + \theta$, sous la forme d'un acte administratif ministériel, nous avons été confronté à une administration qui qualifie ces données recherchées par nous, comme des informations sensibles destinées à un usage interne.

Ainsi seul un entretien avec un cadre du service central du courrier nous a permis d'avoir les statistiques ci après :

N°	TYPES DE DEMANDES	DÉLAIS MOYEN DE TRAITEMENT
01	Dossiers d'intégration (MINESEC-MINFOPRA)	08 mois 10 jours
02	Dossier d'avancements d'échelons	* 08 Mois 25 jours (pour le premier avancement) * 04 Mois 20 jours (pour les avancements suivants) * 08 Mois 15 jours (Si un nouvel exécutif au MINESEC) (arrive, dans ses deux 1 ^e années)

03	Dossiers de sélection au 2 nd cycle de l'ENS pour admission des stagiaires Retour sur Titre (MINESEC-MINESUP)	02 Mois
04	Dossier de mise en stage à l'ENS (MINESEC-MINFOPRA)	1 an 08 Mois
05	Dossier pour autorisation à concourir pour un renforcement de capacité de type managérial donnant une plus-value aux compétences des métiers existant	02 Mois
:	:	:

3.2. Choix d'un aménagement optimal pour la réduction des délais de traitement

3.2.1. Rappel de l'aménagement de file d'attente qui prévaut au service du courrier du MINESEC

Le modèle de file d'attente du SI du MINESEC est parfois un

- **Modèle serveurs multiples, temps de service exponentielle** noté $M/M/2$
- **Modèle serveur unique, temps de service exponentielle** noté $M/M/1$

Il est clair que l'unité serveur ou agent public réceptionne et traite tous les types de demandes qui arrivent. Même quand c'est parfois deux serveurs ou agents, les deux réceptionnent et traitent toutes les demandes sans exception du type.

3.2.1.1. Inconvénients du processus en vigueur

Pour un modèle $M/M/1$ du SI : nous avons les inconvénients suivants :

- Une augmentation du temps d'attente en file :
- Une augmentation des délais de traitement dans le système
- Une augmentation du nombre moyen des demandes en file d'attente dans le système.
- La fréquence d'arrivée des demandes (λ), en période de flux important d'arrivée des demandes, devient supérieure à la capacité μ du système. Donc $\lambda > \mu$ puisque le système est

congestionné. D'où le modèle $M/M/1$ devient donc inadapté à gérer les files d'attente des demandes, en période de flux importants d'arrivée des dites demandes. En effet, on devrait toujours avoir $\lambda < s\mu$ pour la gestion des files avec les modèles $M/M/s$

Pour le modèle $M/M/2$ avec aménagement de file d'attente par agent (nos deux serveurs)

Ce modèle $M/M/2$ est temporairement et irrégulièrement utilisé par le service central du courrier du MINESEC et pourtant, il a l'avantage de permettre la réduction des délais de traitement des demandes.

Proposition 3.2.1

Le modèle $M/M/2$ permet la réduction des délais de traitement du modèle $M/M/1$ de l'ordre de r_0 où

$$r_0 = \frac{1 - \rho}{2 - \rho}, \quad \text{avec } \rho = \frac{\lambda}{\mu}$$

Preuve. Soient f_{d_1} et f_{d_2} les fonctions de délais de traitement relatives aux modèles classiques $M/M/1$ et $M/M/2$ respectivement.

On a alors : $f_{d_1}(\lambda, \rho_1) = \frac{\rho_1}{\lambda(1 - \rho_1)}$ avec $\rho_1 = \frac{\lambda}{\mu}$ et $f_{d_2}(\lambda, \rho_2) = \frac{\rho_2}{\lambda(1 - \rho_2)}$ avec $\rho_2 = \frac{\lambda}{2\mu} = \frac{1}{2}\rho_1$.

Par conséquent :

En posant $\rho = \rho_1$, on a la relation ci-après :

$$\begin{aligned} \frac{f_{d_1}(\lambda, \rho_1)}{f_{d_2}(\lambda, \rho_2)} &= \frac{\frac{\rho_1}{\lambda(1 - \rho_1)}}{\frac{\rho_2}{\lambda(1 - \rho_2)}} \\ &= \frac{\rho}{\lambda(1 - \rho)} \\ &= \frac{1}{\frac{2\rho}{\lambda\left(1 - \frac{1}{2}\rho\right)}} \\ &= \frac{\rho}{\lambda(1 - \rho)} \quad \text{avec } \rho = \frac{\lambda}{\mu} \\ &= \frac{\rho\lambda(2 - \rho)}{\lambda\rho(1 - \rho)} \quad \text{avec } \rho = \frac{\lambda}{\mu} \\ &= \frac{2 - \rho}{1 - \rho} \quad \text{avec } \rho = \frac{\lambda}{\mu} \end{aligned}$$

Donc

$$f_{d_2}(\lambda, \mu) = \frac{1 - \rho}{2 - \rho} f_{d_1}(\lambda, \mu) < f_{d_1}(\lambda, \mu) \quad (3.1)$$

puisque $0 < r_0 = \frac{1 - \rho}{2 - \rho} < 1$, car $\rho < 1$ et on a le résultat. ■

Toutefois, bien qu'il ait réduction des délais de traitement de ρ par Rapport au délais de traitement en rapport avec le modèle $M/M/1$ du SI du service central du courrier, le modèle $M/M/2$ avec aménagement de file d'attente par agents (où nos deux serveurs exécutent les mêmes taches), présente pour principal inconvénient **d'augmenter le nombre de demandes en file d'attente à l'intérieur du système**; le risque encouru par le système est que, la file d'attente n'étant pas propre à un seul de nos deux serveurs qui ont chacun, une capacité de service équivalente de 2μ (celle du système $M/M/1$ étant de 1μ) alors, le risque que des demandes soient encore en attente pendant que tout le système est à son maximum de capacité de service 2μ , demeure.

En effet, lorsque le modèle classique $M/M/1$ était en marche : supposons que

- Le nombre de demande en file d'attente dans le système (c'est-à-dire celles attendent d'être traitées) soit noté \bar{n}_1
- Le nombre de demandes dans le système (celles en attente de traitement et celles qui sont entrain d'être traitées) soit noté \bar{n}_{s_1}

On a : $\bar{n}_{s_1} = \bar{n}_1 + \rho$ où $\rho = \frac{\lambda}{\mu}$

☞ Si on passe du modèle $M/M/1$ au modèle $M/M/2$ avec aménagement de file d'attente par agent, alors on peut déduire que :

* Pour le système $M/M/2$, si \bar{n}_2 désigne le nombre de demandes en file d'attente dans le système (c'est-à-dire celles en attente d'être servie et donc réceptionnées et traitées) alors, on a :

$$\bar{n}_2 = \bar{n}_1 + \bar{n}_1 = 2\bar{n}_1$$

En effet, les deux serveurs de $M/M/2$ ont la même capacité de service que l'unique serveur du modèle $M/M/1$.

3.2.1.2. Conclusion

Au vu des inconvénients que présente les modèles $M/M/1$ ou $M/M/2$ avec aménagement de file d'attente par agents, nous allons rejeté le modèle en vigueur au MINESEC

3.2.2. Approche de résolution de la problématique par le choix d'un type d'aménagement optimal de la file d'attente

Nous proposons un modèle $M/M/3$ pour notre SI avec un aménagement de file d'attente unique. De plus, les trois serveurs ont des tâches spécifiques distinctes à savoir :

3.2.2.1. Fonctionnement

– **Le serveur 01 :**

Il gère les demandes relatives à :

- * L'entrée dans le corps de métier (Enseignants) par voie directe et d'intégration ;
- * L'entrée dans le personnel par d'autres voies (contractuel, etc)

– **Le serveur 02 :**

Il gère les demandes relatives à :

- * La gestion de la carrière des personnels
- * Au changement de statuts des personnels par nomination ou par déchéance

– **Le serveur 03**

Il gère les demandes relatives à :

- * La sortie dans le corps de métier de la sectorielle par voie de mise en retraite normale ou anticipée
- * La sortie du corps des personnels par d'autres voies

3.2.2.2. Avantages

☞ **1^e Avantage de notre solution**

Le fait que chaque serveur (parmi nos trois serveurs) gère ses propres demandes en file d'attente, les demandes en file d'attente le sont donc soit devant le serveur 01, soit devant le serveur 02, soit devant le serveur 03.

Conséquence : Il sera presque impossible d'avoir $\lambda > s\mu$ (où $s = 3$) autrement dit, les demandes en file d'attente sont maîtrisées par la capacité du système.

☞ **2^e Avantage de notre solution**

Réduction effective des délais de traitement des demandes au MINESEC de l'ordre r_1 (où $r_1 = \frac{1-\rho}{3-\rho}$ si on supprime le modèle classique $M/M/1$ pour implémenter le modèle $M/M/3$ que nous proposons) ou bien de r_2 (où $r_2 = \frac{2-\rho}{3-\rho}$ si on supprime le modèle

$M/M/2$ avec aménagement de la file d'attente par agents pour implémenter le modèle $M/M/3$ avec aménagement de file d'attente unique)

Proposition 3.2.2

Le modèle $M/M/3$ réduit les délais de traitements des demandes de l'ordre de r_1 pour le modèle $M/M/1$ et de r_2 pour le modèle $M/M/2$

$$r_1 = \frac{1 - \rho}{3 - \rho}, \quad r_2 = \frac{2 - \rho}{3 - \rho} \quad (3.2)$$

avec $\rho = \frac{\lambda}{\mu}$

Preuve. Soit f_{d_3} la fonction délais de traitement des demandes du système $M/M/3$. On a alors :

$$f_{d_1}(\lambda, \rho) = \frac{\rho}{\lambda(1 - \rho)} \text{ avec } \rho = \frac{\lambda}{\mu}$$

$$f_{d_2}(\lambda, \rho_2) = \frac{\rho_2}{\lambda(1 - \rho_2)} \text{ avec } \rho_2 = \frac{\lambda}{2\mu} = \frac{1}{2}\rho.$$

$$\text{Et } f_{d_3}(\lambda, \rho_3) = \frac{\rho_3}{\lambda(1 - \rho_3)} \text{ avec } \rho_3 = \frac{\lambda}{3\mu} = \frac{1}{3}\rho$$

Par conséquent :

$$\begin{aligned} \frac{f_{d_1}(\lambda, \rho)}{f_{d_3}(\lambda, \rho_3)} &= \frac{\frac{\rho}{\lambda(1 - \rho)}}{\frac{\rho_3}{\lambda(1 - \rho_3)}} \\ &= \frac{\frac{\rho}{\lambda(1 - \rho)}}{\frac{\frac{1}{3}\rho}{\lambda(1 - \frac{1}{3}\rho)}} \quad \text{avec } \rho = \frac{\lambda}{\mu} \\ &= \frac{\rho}{\lambda(1 - \rho)} \cdot \frac{\lambda(1 - \frac{1}{3}\rho)}{\frac{1}{3}\rho} \\ &= \frac{\rho}{\lambda(1 - \rho)} \cdot \frac{\lambda(1 - \frac{1}{3}\rho)}{\frac{1}{3}\rho} \quad \text{avec } \rho = \frac{\lambda}{\mu} \\ &= \frac{\rho\lambda(3 - \rho)}{\lambda\rho(1 - \rho)} \\ &= \frac{3 - \rho}{1 - \rho} \quad \text{avec } \rho = \frac{\lambda}{\mu} \end{aligned}$$

Donc

$$f_{d_3}(\lambda, \mu) = \frac{1 - \rho}{3 - \rho} f_{d_1}(\lambda, \mu) < f_{d_1}(\lambda, \mu) \quad (3.3)$$

puisque $0 < r_1 = \frac{1-\rho}{3-\rho} < 1$, car $\rho < 1$

De la même façon, nous avons :

$$\begin{aligned}
 \frac{f_{d_2}(\lambda, \rho_2)}{f_{d_3}(\lambda, \rho_3)} &= \frac{\frac{\rho_2}{\lambda(1-\rho_2)}}{\frac{\rho_3}{\lambda(1-\rho_3)}} \\
 &= \frac{\frac{1}{2}\rho}{\frac{1}{3}\rho} \quad \text{avec } \rho = \frac{\lambda}{\mu} \\
 &= \frac{\lambda\left(1 - \frac{1}{2}\rho\right)}{\lambda\left(1 - \frac{1}{3}\rho\right)} \\
 &= \frac{\frac{\rho}{\lambda(2-\rho)}}{\frac{\rho}{\lambda(3-\rho)}} \quad \text{avec } \rho = \frac{\lambda}{\mu} \\
 &= \frac{\rho\lambda(3-\rho)}{\lambda\rho(2-\rho)} \\
 &= \frac{3-\rho}{2-\rho} \quad \text{avec } \rho = \frac{\lambda}{\mu}
 \end{aligned}$$

Donc

$$f_{d_3}(\lambda, \mu) = \frac{2-\rho}{3-\rho} f_{d_2}(\lambda, \mu) < f_{d_2}(\lambda, \mu) \quad (3.4)$$

puisque $0 < r_2 = \frac{2-\rho}{3-\rho} < 1$, car $\rho < 1$ ce qui achève la preuve. ■

Remarque 3.2.1. La réduction des délais de traitement des demandes de $M/M/1$ à $M/M/3$ est beaucoup plus importante que la réduction des délais de traitement des demandes si on passait plutôt de $M/M/2$ à $M/M/3$

A présent donnons un résultat beaucoup plus général.

Théorème 3.2.1. Généralisation de l'ordre de réduction

Soient t et s deux entiers naturels strictement positifs tel que $s > t$

Le modèle $M/M/s$ permet la réduction des délais de traitement du modèle $M/M/t$ de l'ordre de $r_{s,t}$ où

$$r_{s,t} = \frac{t-\rho}{s-\rho}, \quad \text{avec } \rho = \frac{\lambda}{\mu}.$$

Preuve. Soient f_{d_s} et f_{d_t} les fonctions de délais de traitement relatives aux modèles classiques $M/M/s$ et $M/M/t$ respectivement.

On a alors : $f_{d_t}(\lambda, \rho_t) = \frac{\rho_t}{\lambda(1 - \rho_t)}$ avec $\rho_t = \frac{\lambda}{t\mu} = \frac{1}{t}\rho$ et $f_{d_s}(\lambda, \rho_s) = \frac{\rho_s}{\lambda(1 - \rho_s)}$ avec $\rho_s = \frac{\lambda}{s\mu} = \frac{1}{s}\rho$.

Par conséquent :

$$\begin{aligned} \frac{f_{d_t}(\lambda, \rho_t)}{f_{d_s}(\lambda, \rho_s)} &= \frac{\frac{\rho_t}{\lambda(1 - \rho_t)}}{\frac{\rho_s}{\lambda(1 - \rho_s)}} \\ &= \frac{\frac{1}{t}\rho}{\frac{1}{s}\rho} \\ &= \frac{\lambda\left(1 - \frac{1}{t}\rho\right)}{\lambda\left(1 - \frac{1}{s}\rho\right)} \quad \text{avec } \rho = \frac{\lambda}{\mu} \\ &= \frac{\frac{\rho}{\lambda(t - \rho)}}{\frac{\rho}{\lambda(s - \rho)}} \quad \text{avec } \rho = \frac{\lambda}{\mu} \\ &= \frac{\rho\lambda(s - \rho)}{\lambda\rho(t - \rho)} \\ &= \frac{s - \rho}{t - \rho} \quad \text{avec } \rho = \frac{\lambda}{\mu} \end{aligned}$$

Donc

$$f_{d_s}(\lambda, \mu) = \frac{t - \rho}{s - \rho} f_{d_t}(\lambda, \mu) < f_{d_t}(\lambda, \mu) \quad (3.5)$$

puisque $0 < r_{s,t} = \frac{t - \rho}{s - \rho} < 1$, car $\rho < 1$ et $s > t$. On a le résultat. ■

Corollaire 3.2.1. Soit s un entier naturel supérieur ou égal à 1 Le modèle $M/M/s$ permet la réduction des délais de traitement du modèle $M/M/1$ de l'ordre de r_s où

$$r_s = \frac{1 - \rho}{s - \rho}, \quad \text{avec } \rho = \frac{\lambda}{\mu} \text{ et } s > 1$$

Preuve. Cas particulier tu Théorème 3.2.1 où $t = 1$. ■

3.2.2.3. Quelques illustrations de notre solution de réduction du temps de traitement des demandes

Hypothèse 3.2.1. Au vu de ce qui prévaut au service central du courrier du MINESEC, nous allons supposer que :

- Une demande est servie c'est-à-dire réceptionnée complète puis, traitée (redirigée vers un autre niveau de traitement dans la chaîne de responsabilité) en 05 minutes.

Ainsi en 01 heure, il aura traité 12 demandes. D'où $\mu = 12$ demandes/heure.

Il s'en suit que pour s serveurs, le taux d'utilisation du système $M/M/s$ est

$$\rho = \frac{\lambda}{s\mu} = \frac{\lambda}{12s} \text{ avec } \rho < 1$$

(a) Pour le système classique $M/M/1$

On a $s = 1$ et donc $\rho = \frac{\lambda}{12}$ avec $\lambda < 12$.

- **La fonction délais de traitement f_{d_1}**

On a :

$$\begin{aligned} f_{d_1}(\lambda, \rho) &= \frac{1}{\mu - \lambda} \\ &= \frac{1}{12 - \lambda} \end{aligned}$$

Construisons-là à l'aide du logiciel Géogébra.

Ainsi on a le schéma de la fonction délais de traitement suivant en fonction de λ :

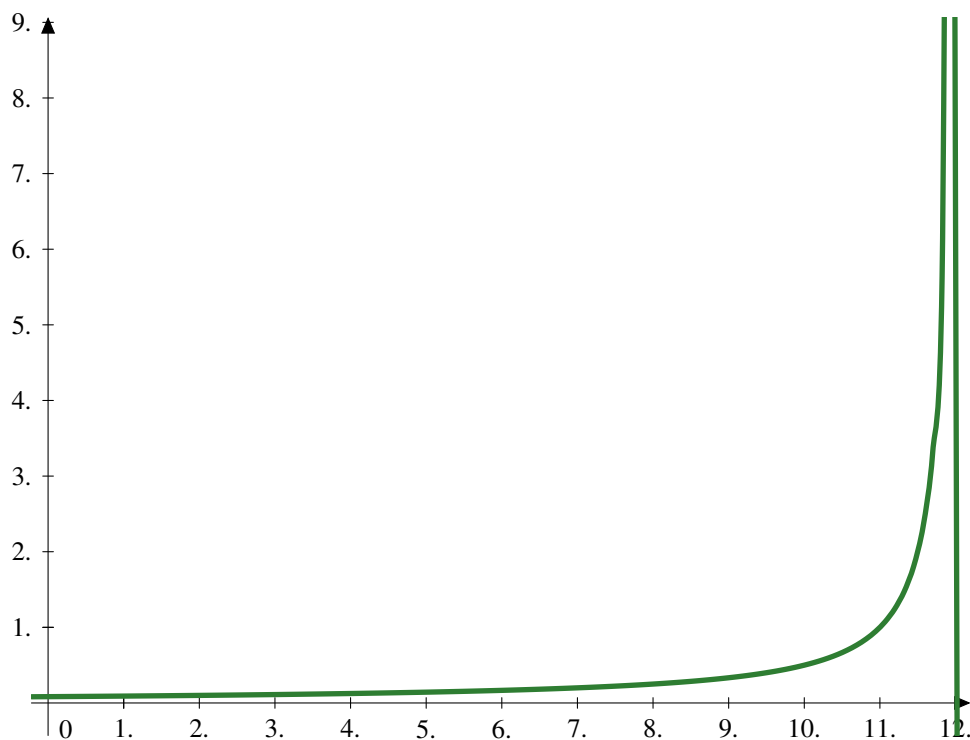


Figure 1 : Graphe de f_{d_1}

Interprétation 3.2.1. .

- ☞ $\mu = 12$ demandes par heure est la capacité de service du SI.
- ☞ Plus la fréquence d'arrivées λ des demandes se rapproche de la capacité de service du système et plus le temps mis par une demande ($f_d(\lambda, 12)$) tend à exploser c'est-à-dire, tend à être extrêmement grand ; cela ne nous surprend pas car le fonction f_d est une fonction inverse de type $f(x) = \frac{1}{x}$ (avec x entier positif)
- ☞ Pour $\lambda > \mu = 12$, le système $M/M/1$ devient inadapté à gérer la files d'attente.
- ☞ $\mu = 12$ demandes par heure est donc la capacité de service du système $M/M/1$

Avec notre solution d'un système $M/M/3$ avec un aménagement de la file d'attente unique, le temps de traitement des demandes sera réduit.

$$f_{d_3}(\lambda, \mu) = \frac{1}{36 - \lambda}, \quad \lambda < 36$$

On obtient la figure suivante :

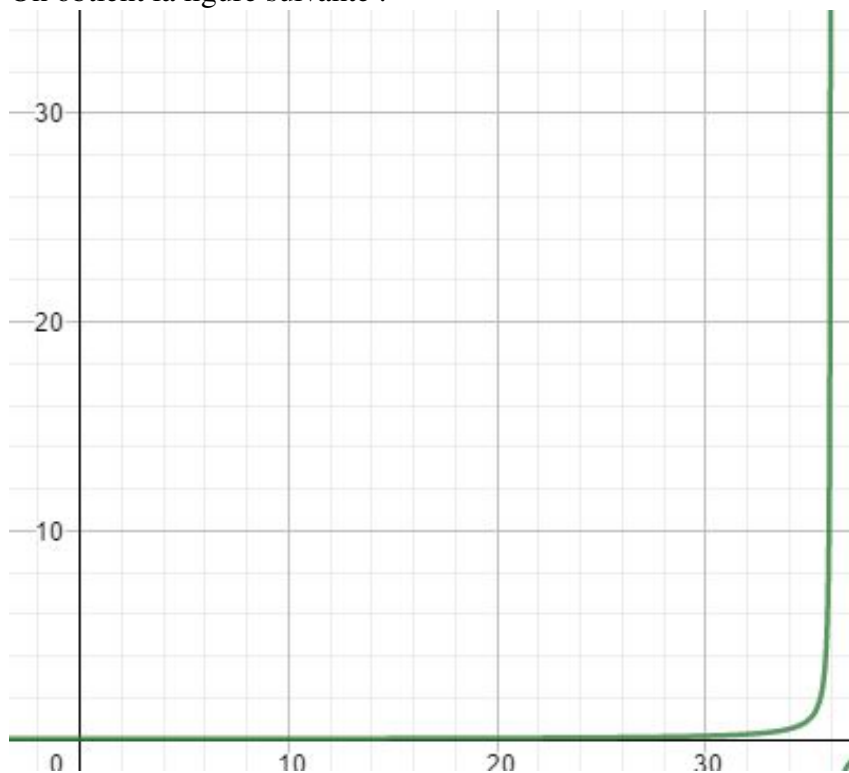


Figure 2 : Graphe de f_{d_3}

Interprétation 3.2.2. .

- ☞ Les graphes des pages 27 et 28 n'ont pas la même échelle de représentation ; cela s'explique par le fait que :
Pour une fréquence λ d'arrivées des demandes par heure variant entre 1 et moins de 36, la

courbe de la fonction f_{d_3} est extrêmement proche de l'axe des λ , voire même confondue à cet axe.

☞ Autrement dit, comparativement à la figure 1, la figure 2 nous présente un temps de traitement f_{d_3} des demandes qui est presque insignifiant et, qui explose subitement lorsque λ se rapproche de la capacité de service du système $M/M/3$ ($s\mu = 3 \times 12 = 36$ demandes par heure)

☞ Ainsi, le système $M/M/3$ que nous proposons pourrait gérer mensuellement (01 mois = 04 semaines de 05 jours de travail chacun) $288 \times 5 \times 4 = 5760$ demandes potentielles reçues des usagers venus individuellement, sans compter les demandes des 10 délégations régionales, transmises par bordereaux de transmission une fois par mois, soit 5760 demandes potentielles par région donc, un total de 57600 demandes en provenance des 10 délégations régionales du MINESEC

En définitive, la système $M/M/3$ du service central du courrier au MINESEC pourrait gérer potentiellement : 5760 demandes plus 57600 demandes égale 63360 nouvelles demandes tous les mois soit, $63360 \times 12 \text{ mois} = 760320$ demandes annuellement, dans une situation ex post.

Dans la situation ex ante, les systèmes $M/M/1$ et $M/M/2$ gèrent respectivement 253440 demandes annuellement pour $M/M/1$ s'il fonctionne seul de manière continu et, 506 880 demandes annuellement pour $M/M/2$ s'il fonctionne seul de manière continu

En effet :

→ Le système $M/M/1$ gère mensuellement $96 \times 16 \times 4 = 1920$ demandes potentielles reçues des usagers venus individuellement. D'où un total annuel de demandes potentielles égale à :

$$(1920 \text{ demandes} + 19200 \text{ demandes}) \times 12 \text{ mois} = 253440 \text{ demandes}$$

→ Le système $M/M/2$ gère mensuellement $192 \times 5 \times 4 = 3840$ demandes potentielles reçues des usagers venus individuellement. D'où un total annuel des demandes potentielles égale à :

$$(3840 \text{ demande} + 38400 \text{ demandes}) \times 12 \text{ mois} = 506880 \text{ demandes}$$

N.B : $M/M/3$ (par jour)

36 demandes \times 8 heures = 288 demandes

$M/M/1$ (par jour)

12 demandes \times 8 heures = 96 demandes

M/M/2(par jour)

24 demandes × 8 heures = 192 demandes

En définitive pour la situation ex ante au service central du courrier au MINESEC, étant donné que les systèmes M/M/1 et M/M/2 sont tous les deux utilisés avec un régime d'alternance propre à l'organisation interne du travail, le nombre de demandes potentiellement géré annuellement est forcément inférieur à **max(253440 ; 506880)** c'est-à-dire inférieur à **506 880 demandes**

Exemple 3.2.1. Si $\lambda = 7$ alors,

$$\begin{cases} f_{d_1}(7, 12) = \frac{1}{5} = 0,2 \text{ h} = 12 \text{ minutes} \\ f_{d_3}(7, 12) = \frac{1}{29} = 0,035 \text{ h} = 2,07 \text{ minutes} \end{cases}$$

On constate que la réduction est vraiment importante.

(b) Pour le système M/M/2

On a $s = 2$ et $\rho = \frac{\lambda}{24}$ avec $\lambda < 24$.

– **La fonction délais de traitement f_{d_2}**

$$f_{d_2}(\lambda, \mu) = \frac{1}{24 - \lambda}$$

On a la courbe suivante :



Figure 3 : Graphe de f_{d_2}

Exemple 3.2.2. Si $\lambda = 7$ alors,

$$\begin{cases} f_{d_2}(7, 12) = \frac{1}{17} = 0,059 \text{ h} = 3,53 \text{ minutes} \\ f_{d_3}(7, 12) = \frac{1}{29} = 0,035 \text{ h} = 2,07 \text{ minutes} \end{cases}$$

On constate que la réduction est toujours considérable.

Nous avons une vue d'ensemble qui est représentée par dans cette figure.

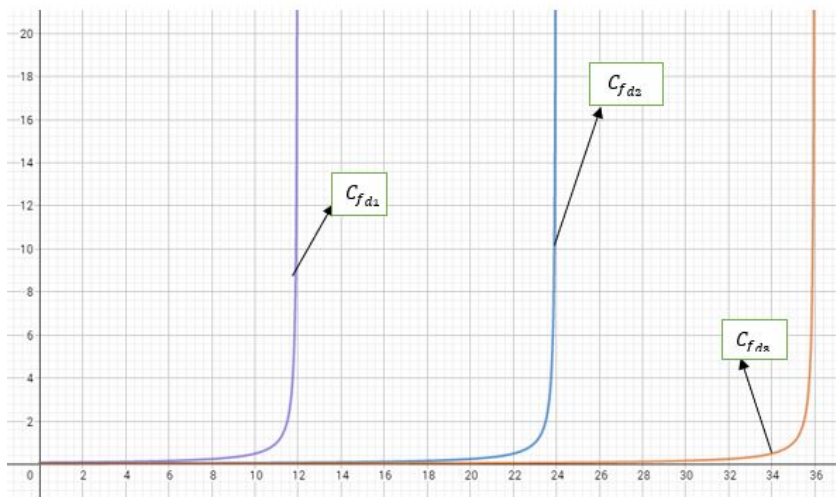


Figure 4 : Graphes de f_{d_1} , f_{d_2} et f_{d_3}

Interprétation 3.2.3. .

☞ Pour chacun des systèmes $M/M/1$, $M/M/2$ et $M/M/3$, il existe une capacité seuil ou capacité plafond μ_0 de service du système telle que, pour toute fréquence d'arrivées λ des demandes, si λ se rapproche de μ_0 alors, le temps de traitement d'une demande par le SI (noté f_{d_s} Où $s = 1, 2$ ou 3) à tendance à exploser.

☞ Pour $M/M/1$ $\mu_0 = 12$

☞ Pour $M/M/2$ $\mu_0 = 24$

☞ Pour $M/M/3$ $\mu_0 = 36$

3.2.2.4. Observations

☞ Si $\lambda \geq 12$ demandes/heure, alors la condition sinéquanone $\rho < 1$ ne sera pas vérifiée ; le système de service du courrier serait alors **congestionné** et donc, inapproprié pour gérer les files d'attente avec des modèles de type Kendall $M/M/s$.

☞ Si $\lambda < 12$ demandes arrivant/heure alors la condition $\rho < 1$ est vérifiée ; les systèmes de Kendall de type $M/M/s$ sont alors utilisable pour gérer les files d'attente au MINESEC

☞ Peu importe le nombre de demandes qui arrivent par heure au service du courrier, le système doit s'arranger à **calibrer les flux d'arrivées** λ par une valeur seuil plafond λ_0 telle que $\lambda_0 < 12$ de sorte à maintenir la condition $\rho < 1$

☞ Si donc $\lambda_0 < 12$ ou encore, $\lambda_0 \leq 11$ alors $\lambda_0 < 50$ demandes/jour sachant que celles-ci sont déposées au MINESEC de 11h à 15h30 soit pendant 04h30 minutes par jour et temps de service, tout ceci pour un seul serveur

✎ Si ar ailleurs, $\mu = 12$, sachant que les demandes sont traitées en l'absence des usagers de 97h30 à 11h (soit pendant 03h30) chaque jour alors, pour chacun des $s = 3$ serveurs de notre solution, on a :

3.3. Approche de résolution de la problématique posée par un calibrage régulateur du trafic des demandes ρ

3.3.1. Explication de la problématique relative à la solution envisagée

Nous restons dans le même choix d'un système $M/M/3$ avec modèle d'aménagement de la file d'attente unique, en raison du fait que ce modèle est optimal d'après la théorie des files d'attente.

La fonction délais de traitement des demandes est définie par :

$$f_{d_3}(\lambda, \rho) = \frac{\rho}{\lambda(1 - \rho)}, \quad \text{avec } \rho = \frac{\lambda}{3\mu}$$

D'après les observations qui précèdent

- Nous pouvons fixer et plafonner μ à 12 demandes servies par heure, sachant qu'une demande est servie toutes les 5 minutes ;

Le problème qui se pose est de savoir comment réduire les délais de traitement en agissant sur ρ ? où les conditions suivantes restent vraies :

- $0 < \rho < 1$
- $s - \rho > 0$

3.3.2. Présentation du spectre de la solution Mathématiques

Pour y parvenir, il faut nécessairement « calibrer les flux d'arrivées des demandes λ et de sorte à réguler le trafic pour un usage des systèmes $M/M/s$ ». Autrement dit, il s'agit de plafonner le nombre d'arrivées des demandes par jour et par temps de service pour leur réception (ceci pour chacun de nos trois serveurs). S'il arrive que le seuil préalablement arrêté est atteint et que des demandes veulent toujours être déposées alors, un rendez-vous doit leur être imposé pour un moment de dépôt ultérieur et un nouveau cycle de réception-traitement (ce sont les deux processus majeur du service central du courrier du MINESEC) pourra reprendre.

3.3.3. Fonctionnement cyclique du travail au service central du courrier du MINESEC avec la 2^e solution par le même système de Kendall $M/M/3$

- ☞ Chaque jour (N), le travail débute à 07h30min et s'achève à 15h30min ;
- ☞ De 07h30 à 11h00, soit pendant 03h30, les demandes réceptionnées la veille au jour (N-1) entre 11h et 15h30, sont traitées le lendemain du jour (N-1) c'est-à-dire au jour (N) de 07h30min à 11h ;
- ☞ De 11h à 15h30, le service du courrier est ouvert au public des usagers qui déposent alors leurs demandes pendant 04h30min ; ces demandes sont simplement réceptionnées en $t_0 = 5$ minutes par demande puis, elles seront traitées le lendemain en $t_0 = 5$ minutes par demande ;
- ☞ Les demandes passent un temps en file d'attente dans le système égal à \bar{t}_l plafonné à la durée des demandes arrivées exactement à 11h un jour donné (N) (de 11h à 15h30, soit 04h30min) ajouté à la durée des demandes traitées en dernier ressort le lendemain autour de 11h mais avant 11h le jour (N+1) (de 07h30 à 11h soit, 03h30) d'où, $\bar{t}_l < 8h = 4h30 + 3h30$
- ☞ Le service central du courrier devra prévoir 03 guichets d'entrée des demandes pour les serveurs du système $M/M/3$ dont les jobdescriptions distincts devront être rendus public pour que nul n'en ignore chez les usagers, de sorte à faciliter la réception des demandes
- ☞ Lorsqu'on le seuil plafond de 42 demandes arrivées par guichet et donc par serveur, sera atteint, toutes les autres demandes relatives à chaque guichet plein seront retournées avec mention d'une date de rendez-vous harmonisée avec la date de rendez-vous pour les autres guichets qui se rempliront après.

Exemple 3.3.1. Comme exemple :

Serveur 1 : 24 demandes arrivées par jour et par temps de service réception ;

Serveur 2 : 42 demandes arrivées par jour et par temps de service de réception ;

Serveur 3 : 30 demandes arrivées par jour et par temps de service de réception.

- ☞ La date de rendez-vous donnée à l'utilisateur ne peut pas lui être communiquée immédiatement, à moins que les trois serveurs ait atteint simultanément le seuil plafond d'arrivées des demandes fixé à 42.

De manière plus générale, le service devra leur communiquer la date du rendez-vous par mail, après une harmonisation parfaite et ultérieure des dites dates de rendez-vous ;

☞ Lorsque le 1^e cycle est achevé pour le processus **réception des demandes**, le processus **traitement des demandes** lui emboîte le pas alors, un nouveau cycle peut recommencer par les dates de rendez-vous et ainsi de suite.

3.4. Calcul et réduction des délais de traitement de la situation ex ante à la situation ex post par notre 1^{ère} solution de réduction : le choix d'un type d'aménagement optimal de file d'attente

3.4.1. Calcul des délais de traitement

✓ La fonction délais de traitement des demandes est le temps moyen passé dans le système par une demande. On la note f_d .

✓ Pour le modèle M/M/1 les délais de traitement sont calculés par la fonction f_d définie comme suit

$$\forall \lambda, \mu > 0, \lambda < \mu, f_d(\lambda, \mu) = \frac{1}{\mu - \lambda} \quad (3.6)$$

Ou encore

$$f(\lambda, \mu) = f_d(\lambda, \rho) = \frac{\rho}{\lambda(1 - \rho)} \quad \text{avec } \rho = \frac{\lambda}{\mu} < 1 \quad (3.7)$$

✓ Pour les modèles M/M/s avec $s \geq 2$ serveurs, les délais de traitement sont calculés par la fonction f_d définie comme suit

$$\forall \lambda, \mu > 0, \lambda < s\mu, f_d(\lambda, \mu) = \frac{1}{s(\mu - \lambda)} \quad (3.8)$$

Ou encore

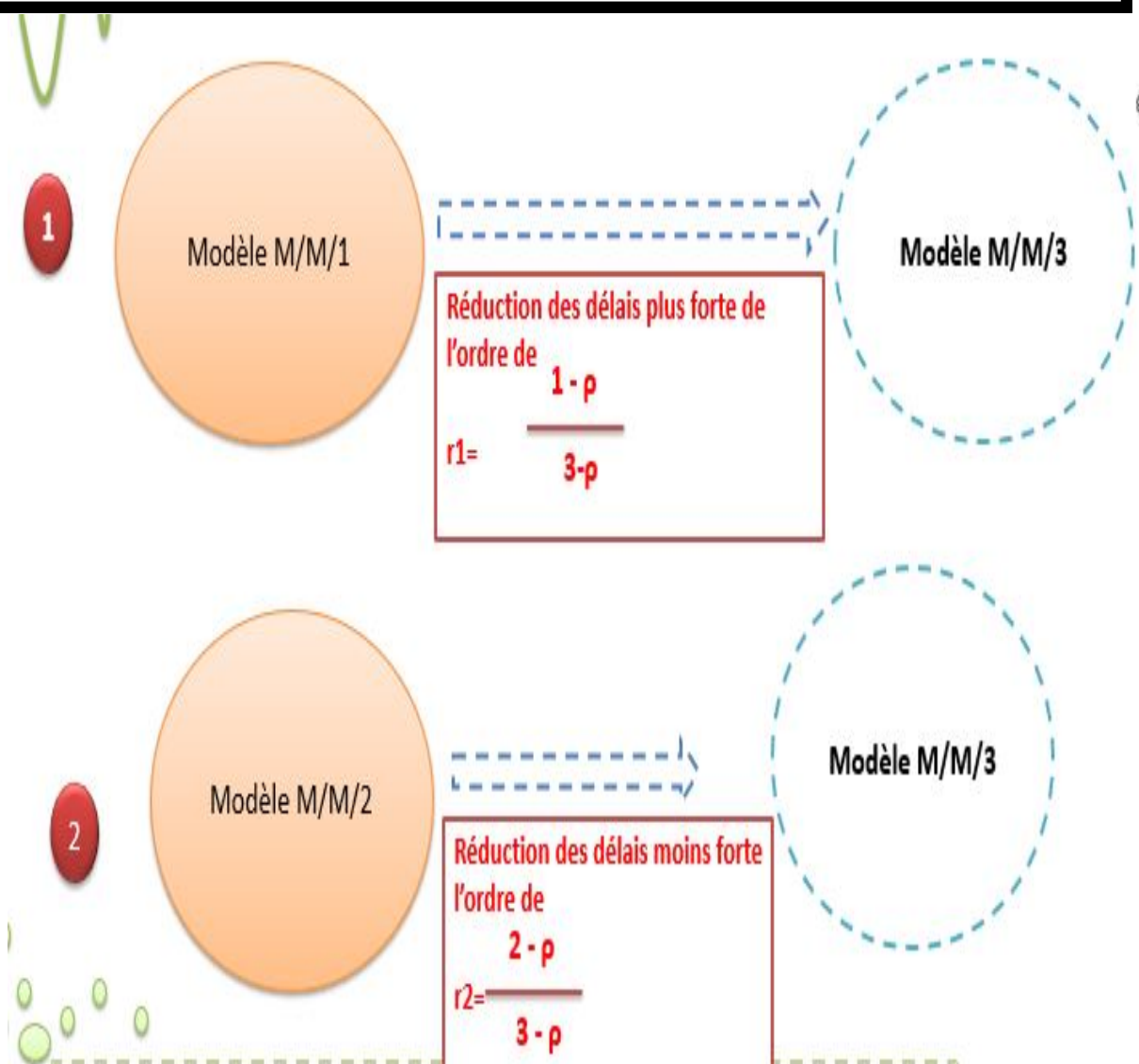
$$f(\lambda, \mu) = f_d(\lambda, \rho) = \frac{\rho}{\lambda(1 - \rho)} \quad \text{avec } \rho = \frac{\lambda}{s\mu} < 1 \quad (3.9)$$

3.4.2. Réduction des délais de traitement de la situation ex ante à la situation ex post par notre 1ère solution de résolution de la problématique posée

✓ Cette 1ère solution de réduction consiste à proposer le modèle M/M/3 avec aménagement de file d'attente unique, pour notre SI. Ici, les 03 serveurs ont des tâches spécifiques distinctes

✓ Au plan théorique, les ordres de réduction des délais sont donnés et schématisés ci-après :

Calcul numérique : Ordre de réduction des délais de traitement - temps de réduction des délais.



• Au vu des illustrations de notre 1ère solution de réduction (Cf pages 26 ;27 ;28 ;et 29), pour une fréquence d'arrivées des demandes $\lambda = 7$ demande par heure, on a les réductions réelles des délais de traitement ainsi qu'il suit :

1

Modèle M/M/1

01 demande fera 12
minutes dans le SI.

$$Fd1(\lambda, \mu) = 0,2 = 12 \text{ min}$$

Temps de réduction des délais plus fort
d'une valeur de 9,93min \approx 10min33s

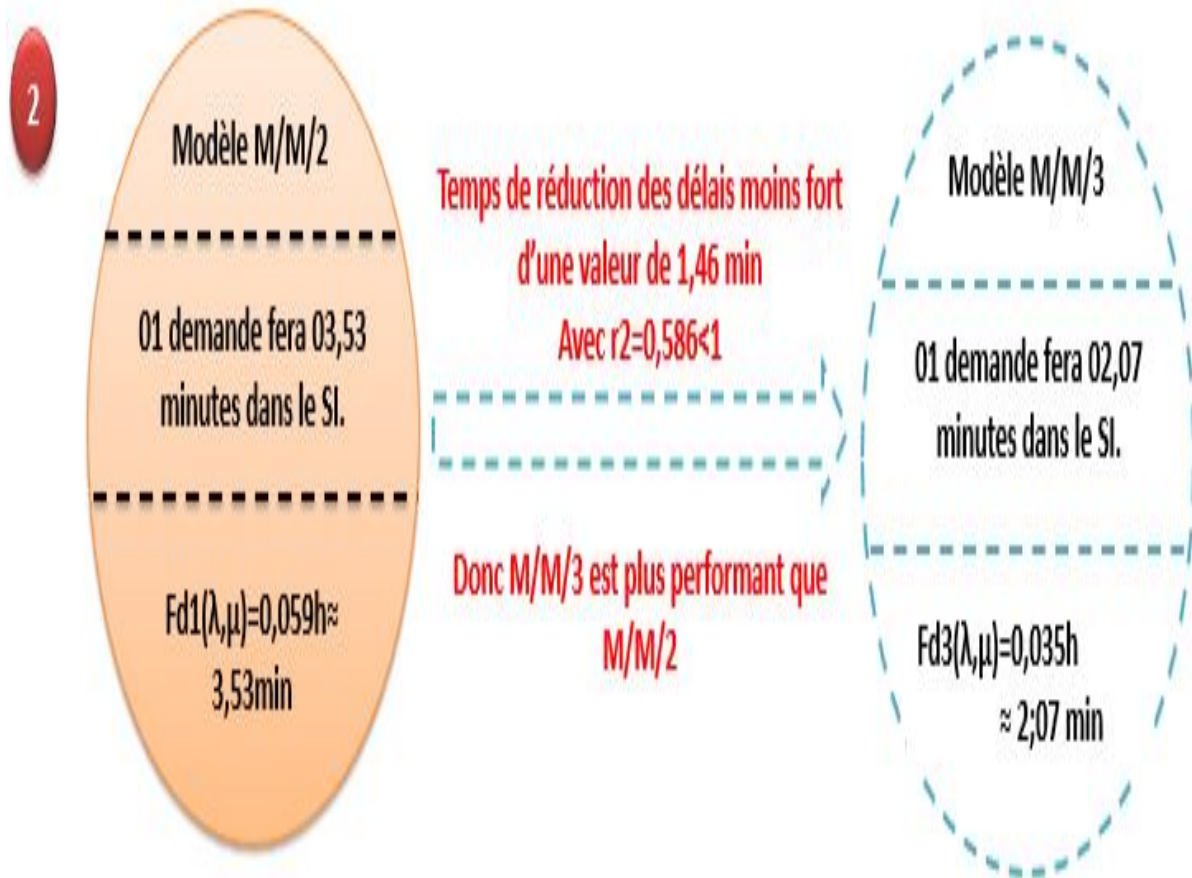
$$\text{Avec } r1 = 0,1724 < 1$$

Donc M/M/3 est plus performant que
M/M/1

Modèle M/M/3

01 demande fera 02,07
minutes dans le SI.

$$Fd3(\lambda, \mu) = 0,035 \text{ h} \\ \approx 2,07 \text{ min}$$



3.5. Présentation de nos solutions de réduction

↳ La 1ère solution de réduction que nous avons proposé vérifie par construction, la condition sinequanone $\lambda = s\mu$ (où $s = 3$) des système décongestionnés de KENDALL (Cf. 1^{er} avantage de notre solution et, conséquence ; page 23)

↳ La 2ème solution de réduction que nous proposons est une régulation du calibrage des flux d'arrivées des demandes(λ) étant donné que la condition sinequanone des systèmes de KENDALL n'est pas nécessairement assurée. La régulation se fait tel que mentionnée aux pages 29 et 30 (Cf. 3.2.2.4. Observation, page 29. Cf. 3.3.2. Présentation du spectre de la solution mathématique, page30)

↳ Le calcul et la réduction des délais de traitement dans ce cas va s'opérer comme dans la solution 1 avec les même résultats

✓ Le calcul et la réduction des délais de traitement dans ce système M/M/3 désormais régulé,

va s'opérer comme dans notre 1ère solution de réduction des délais avec les mêmes résultats à l'arrivée.

RÉSULTATS OBTENUS PAR NOS SOLUTIONS DE RÉDUCTION

4.1. 1er résultat obtenu : Augmentation de la capacité globale de service du système. (Nombre moyen de demandes potentiellement traitées)

	Capacité de service $s\mu$ par Pour le Système M/M/s Fonctionnant seul en continu	Heure	Jour de travail (08 h)	Mois de travail (04 semaines)	Année de travail (12 mois)	
Situation ex ante	Pour M/M/1	12	96	1920+19200 Ou 21 120	253 440	Nombre t de demandes avec $253\ 440 < t < 506\ 880$
	Pour M/M/2	24	192	3840+38400 Où 42240	506 880	
Situation ex post	Pour M/M/3	36	288	5760+57600 Ou 63 360	760 320	

4.2. 2e résultat obtenu : Réduction des délais de traitement des demandes au niveau du service central des courriers entrants, premier compartiment du SI au MINESEC

1. Réduction effective du temps de traitement d'une demande dans ce premier compartiment du SI, d'une valeur de 9,93 minutes lorsque le modèle $M/M/1$ est remplacé par notre modèle $M/M/3$ avec aménagement optimal de la file d'attente. Et l'ordre de réduction $r_1 = 0,1724$ est bien compris entre 0 et 1.
2. Réduction effective du temps de traitement d'une demande dans ce 1er compartiment du SI, d'une valeur de 1,46 minutes lorsque le modèle $M/M/2$ est remplacé par notre modèle $M/M/3$ avec aménagement optimal de la file d'attente. Et l'ordre de réduction $r_2 = 0,586$ et bien compris entre 0 et 1.

4.3. 3e résultat obtenu : Réduction effective des délais de traitement des demandes au niveau du service central des courriers sortants, dernier compartiment du SI au MINESEC

1. Cette Réduction des délais attendue par les usagers du MINESEC, ne sera une réalité que si les concepteurs du SI au MINESEC, notre système $M/M/3$ avec aménagement optimal de la file d'attente, tiennent compte des variables ci-après et, agissent sur elles d'une manière précise.

Ces variables sont quatre à savoir :

→ d : Le nombre de demandes arrivant potentiellement dans le système et, pouvant au plus être traitées annuellement.

N.B d est connu :

$d = 253449$ pour $M/M/1$

$d = 506880$ pour $M/M/2$

$d = 760320$ pour $M/M/3$

→ e : Le nombre de pré-validations mensuelles des A.E accordé par la hiérarchie du MINESEC aux agents accrédités de la cellule SIGIPES au MINESEC.

On posera $f = s^s \times e$ où s est le nombre de serveurs du système $M/M/s$.

N.B L'action sur la variable e décrite ci-après

☞ Pour 01 agent accrédité du SIGIPES, le nombre de pré-validation mensuel des demandes est plafonné à 2500.

☞ Pour le nombre d'agents accrédités du SIGIPES, environs 05 agents, le nombre de pré-validation mensuel des demandes sera plafonné à 12500.

→ g : Le nombre de liasse de demandes constituées par le service central des courriers entrants du SI du MINESEC

N.B Le programme de calcul de g est le suivant :

$$g = \frac{d}{f} \text{ ou encore } g = \frac{d}{s^s \times e}$$

→ T_d : Le temps de traitement de la dernière liasse des demandes sachant que le SI du MINESEC génère en interne, une file d'attente composée des liasses constituées. **N.B** :

☞ La file d'attente interne des liasses constituées est gérée dans un régime ou une discipline PEPS (Premier Entré, Premier Servi)

☞ Le nombre de demandes constituant le volume d'une liasse correspond exactement au nombre " e " de pré-validation mensuelle de la cellule SIGIPES du MINESEC. " e " doit être assez grand, par exemple 2500, sinon la file d'attente interne sera trop longue.

☞ Sachant que chaque mois, une liasse est validée et ressort sous forme d'un OUTPUT, T_d s'exprime en mois et, est égal à " g "

Exemples 4.3.1. Exemple d'illustration de ce 3e résultat obtenu.

	Les 04 variables d'action à Définir par le SI Pour le Système M/M/s Fonctionnant seul en continu	(d)	(f) Avec $f = s^s . e$	(g) Avec $g = \frac{d}{f}$	(Td) Avec $Td = g$
Situation ex ante	Pour M/M/1	253 440	12 500	21 Liasses	21 Mois
	Pour M/M/2	506 880	$2^2 . 12500$ Ou 50 000	10 Liasses	10 Mois
Situation ex post	Pour M/M/3	760 320	$3^3 . 12500$ Ou 337 500	03 Liasses	03 Mois

De réduction 18 Mois 07 Mois

IMPLICATIONS PÉDAGOGIQUES

Ce mémoire nous a offert l'occasion de faire nos premiers pas dans le champ de l'investigation scientifique. Cela a permis le déploiement de nos aptitudes à comprendre, à construire un raisonnement logique. Cela a permis aussi, d'améliorer notre maîtrise des outils des nouvelles technologies de l'information et de la communication, incontournables pour tout enseignant en ces moments où les apprenants ne prêchent que par les téléphones androïdes, les tablettes, les logiciels et applications de toute sorte, ...

Notre démarche scientifique a bel et bien des implications pédagogiques certaines sur le système éducatif. En effet :

5.1. Sur l'enseignant et la gouvernance des établissements scolaires

La prise en compte de notre démarche scientifique par les centrales de traitement des courriers de nos administrations et notamment du MINESEC, permettra aux enseignants et aux autres personnels dotés d'un matricule solde, des services déconcentrés dont les établissements scolaires, de réduire leurs déplacements vers la capitale Yaoundé à leur proportion congrue.

Ceci aura pour conséquence pour ces personnels :

- de les préserver des accidents de la circulation d'antan ;
- de leur permettre d'optimiser la couverture des programmes scolaires annuels dont ils ont la charge. Car, la célérité dans la gestion de leur carrière devenant moins préoccupante, ces personnels du système éducatif pourront dès lors avoir plus le cœur à l'ouvrage et à leurs missions.

5.2. Sur les apprenants et le management des organisations en quête de performance

Notre travail de recherche montre à suffisance l'intérêt des sciences fondamentales pour le développement des sciences appliquées et donc, pour le développement de la société. S'agissant des apprenants, ce travail de recherche peut servir de prétexte à l'enseignant voulant faire savoir aux apprenants que les résultats des travaux en mathématiques, peuvent être appliqués dans des champs d'intérêt sociaux divers. Chaque individu selon sa sensibilité, peut donc puiser dans les sciences fondamentales comme les mathématiques, pour résoudre un problème social donné d'intérêt général.

Dans le même ordre d'idée, les organisations ont besoin des innovations de la science pour améliorer leurs techniques manageriales et par suite, leur performance.

5.3. Aptitude à comprendre, mobiliser et construire des connaissances

Pour mener à terme ce travail, il a fallu puiser dans nos compétences à pouvoir comprendre un problème, à proposer un formalisme et d'étudier les propriétés des objets mathématiques obtenus. Par transposition, le document de travail sur lequel porte notre compte rendu, peut être perçu comme une ressource pédagogique dont le contenu doit être partagé avec des apprenants. C'est ainsi que nous avons décomposé la ressource pour en donner une reconstitution en termes de définitions des concepts à étudier et en termes de résultats qu'on peut déduire en les mettant ensemble. Cette démarche est fondamentale dans le quotidien d'un enseignant de mathématiques que nous aspirons à être. Nous pensons notamment à l'élaboration de nos futurs cours à construire à partir de diverses ressources éducatives.

5.4. Aptitude à mener un raisonnement logique

Le raisonnement mathématique permet d'associer, de différencier, de catégoriser, de mesurer, d'évaluer, de tester des hypothèses, de démontrer un processus, de tirer des conclusions à partir d'informations données ou de lois générales, de retrouver des informations manquantes par logique, d'aller des causes aux conséquences et inversement, de mettre au jour les contradictions ou incohérences, de justifier un résultat,...C'est donc un type de raisonnement essentiel

pour comprendre et analyser le monde mais aussi pour beaucoup d'opérations de la vie quotidienne et professionnelle nous demandant d'analyser logiquement des situations et de prendre des décisions. On pourra donc ainsi développer chez les élèves des capacités qui contribueront à l'avancement vers des nouvelles connaissances. Celles ci ont pour but d'initier l'élève à la pratique de la recherche de la vérité par le biais du raisonnement en le rendant capable d'utiliser adéquatement les ressources documentaires, les méthodes d'investigation et d'analyse appropriées. L'élève sera donc à même de développer les capacités suivantes :

- Réfuter une proposition lorsqu'elle est fautive en donnant un contre-exemple ;
- Prouver une proposition lorsqu'elle est vraie en utilisant un raisonnement logique ;
- La valeur et la pertinence du nouveau savoir produit par le travail ;
- L'aptitude à intégrer les différentes connaissances ;
- L'aptitude à construire une problématique ;
- L'aptitude à la recherche : rigueur méthodologique, logique de l'argumentation et de la démonstration ;
- La qualité de la présentation selon les normes d'un travail scientifique ;
- La qualité de la présentation matérielle et typographique.

5.5. Initiation à l'usage des nouvelles technologies de l'information et de la communication

Pendant la rédaction de ce mémoire, nous avons eu à utiliser les outils des technologies de l'information et de la communication ; il s'agit : du micro-ordinateur, du vidéoprojecteur, du logiciel Latex (de son compilateur MikTeX, de ses éditeurs TeXnicCenter, TeXmaker, TeXstudio et Winedit) ou d'Internet. L'emploi de ces outils informatiques peut nous aider à faire des recherches sur internet pour actualiser les contenus à enseigner, à préparer un cours, à saisir une épreuve et à présenter une leçon. Notons que l'usage du vidéoprojecteur peut permettre d'illustrer une définition ou une propriété lorsqu'elle est introduite. Ce mémoire a certainement contribué au développement de nos compétences à savoir :

- Réaliser les supports de qualité telles que les épreuves de mathématiques ;
- Préparer et présenter une leçon ;

-
- Utiliser un vidéoprojecteur lors d'une leçon.

✠ CONCLUSION ET PERSPECTIVES



Au terme de ce travail dont le but était la réduction des délais de traitement des demandes par la théorie des files d'attente dans le cas du MINESEC, nous pouvons dire que :

- ☞ Des systèmes congestionnés de KENDALL pourront être utilisés dans l'approche APC pour introduire des leçons statistiques et probabilistiques en classe de terminale pour le cours de mathématiques ;
- ☞ Notre travail de recherche amène les élèves de terminale à comprendre que les mathématiques sont au coeur de la résolution des problèmes sociaux : la mathématique peut également sortir du cadre fermé des laboratoires de recherche pour toucher le citoyen lambda ;
- ☞ Notre travail met en exergue l'importance quasi fondamentale aujourd'hui, de la maîtrise des applications et des logiciels : Word office, Excel, Beamer, Géogebra, etc.

Au sujet des perspectives. La compréhension des pouvoirs publics de la nécessité de coopérer avec les chercheurs, ne peut que contribuer au développement de la science. Dès lors les données de simulation cruciales à la recherche, amélioreront la performance tant souhaitée de nos administrations publiques.

✠ Bibliographie ✠

- [1] Baynat, B. . La théorie des files d'attente : *des chaînes de Markov aux réseaux à forme produit* (p. 330). Hermès.(2000).
- [2] Baynat, Bruno. "*Théorie des files d'attente.*" Hermès, Paris (2000).
- [3] Boyarinov R.N, Choubarikov V.N, Ngongo I.S. "*Asymptotic formulas for fractional moments of special sums*" Chebishevskii sbornik Tome 4 ; vepousk4(8) ; Toula 2003 ; p. 173-183.
- [4] Boyarinov R.N, Choubarikov V.N ; Ngongo I.S "*La modulation des variables aléatoires par des suites finies de groupes abéliens*" Vistnik MGU série .4, Mec.- Math., 2004. 6. p. 40-44.
- [5] Boyarinov R.N, Choubarikov V.N, , Ngongo I.S. "*Les nouveaux théorèmes Métriques par la méthode de Post- nikov*" . Les problèmes d'actualités en théorie des nombres ; Travaux de la 4ème conf. Inter, de Toula, 2002, p.5-31.
- [6] Estimating Stochastic Drift/Volatility Model of Financial Markets (with Peng H, Ngongo I), Int. Journal of Computational and Applied Mathematics , ISSN : 1819- 4966, Editor : Kewen Zhao, UR ? : [http ://www.ripublication.com/ijcam.htm](http://www.ripublication.com/ijcam.htm) Kalman 2007.
- [7] Henri Jimbo, A.F., Ngongo I.S, Computation and Stability of the Implied Volatility, Dynamic Systems and Applications 4 (2004) 620-628, Editor : Sambandham M., Publisher : Dynamic Publisher, Atlanta, USA, URL :[http ://www.dynamicpublishers.com](http://www.dynamicpublishers.com).
- [8] Jimbo, Henri Claver, Isidore Seraphin Ngongo, Nicolas Gabriel Andjiga, Takeru Suzuki, and Charles Awona Onana. "*Portfolio Optimization under Cardinality Constraints : A Comparative Study.*" Open Journal of Statistics 7, no. 04 (2017) : 731.

- [9] Jimbo, Henri C., Seraphin I. Ngongo, Achille Mbassi, and Nicolas G. Andjiga. "Novel Quantitative Approach for Predicting mRNA/Protein Counts in Living Cells." *Applied Mathematics* 8, no. 08 (2017) : 1128.
- [10] Ngongo I.S. *Asymptote des grandes déviations pour les statistiques du types ErdosRenyi pour des Sauts avec conditions de Cramer*. Chebishevskii sbornik Tome 5 ; vepousk3 (6) ; Toula 2004 ; p. 163-18.
- [11] Ngongo I.S. Sur la vitesse de convergence vers les distributions Exponentielles Chebishevskii sbornik Tome 4 ; vepousk5(9) ; Toula 2004 ; p .180-187
- [12] Ngongo I.S., "Sur la distribution des valeurs des sommes courtes des caractères dirichle-tiens par les nombres premiers", *Vistnik MGU série .1, Mec.-Math.*, 2002.6. p. 59-61.
- [13] Roussignol, M., Flipo, D. (2004). Files d'attente et fiabilité. *DESS Ingénierie statistique et numérique, Université de Lille*.
- [14] Optimizing investment stock portfolios with stochastic constraints H. C. Jimbo, M. J. Craven, S. I. Ngongo and T. Suzuki 2013 ; *Nonlinear Analysis and Convex Analysis - I- and Nonlinear Analysis and Convex Analysis -II-*. p 127-141.
- [15] Salais, R. (1980). Le chômage : *un phénomène de file d'attente*. *Economie et statistique*, 123(1), 67-78.
- [16] Aliakbar M. H. et Dimitar P. M. *Difference and Differential equations with applications in queueing theory*
- [17] U. Narayar Bhat *An Intrduction to queueing theory, Modeling and Analysis in Applications*. Second Edition

✠ Annexe ✠

Carrière du personnel du MINESEC

L'aboutissement rapide des dossiers de gestion de carrière des personnels du Ministère des Enseignements Secondaires demeure préoccupant malgré les efforts déployés au quotidien par la chaîne chargée de leur traitement. Or notre objectif est de réduire au maximum les délais de traitement des dossiers afin de rendre tout le système plus performant par le maintien des personnels à leur poste, un meilleur encadrement des élèves, la sérénité dans le fonctionnement des services.

L'une des causes de lenteur dans le traitement des dossiers est l'ignorance des pièces les constituants. Cette lacune, pensons-nous, sera comblée par la publication de cet opuscule qui recense le maximum des cas intervenant dans la gestion de la carrière des agents publics. Puisse les informations contenues dans cette publication nous permettre de faire un pas dans la quête du Ministère des Enseignements Secondaires à assurer un service de qualité à son personnel

1-Typologie des dossiers traités à la sous-direction des personnels

1-1 : Dossiers d'intégration ENS-ENIET

- ✍ 2 Demandes d'intégrations timbrées
- ✍ 2 Copies d'acte de naissance lisibles
- ✍ 1 Extrait du dossier Judiciaire
- ✍ 2 Fiches de renseignements avec photos
- ✍ 2 Copies du Diplôme de base (BACC, BTS, Licence)
- ✍ 2 Copies du Diplôme Professionnel (DIPES, DIPET, DIPEN, DIPCO)
- ✍ 2 Attestation, de présentation des originaux desdits diplômes (Base, Professionnel)
- ✍ 1 engagement décennal
- ✍ 1 Bulletin de visites médicales
- ✍ 1 Curriculum vitae

- ✍ 1 certificat de prise de service au poste d'affection
- ✍ 1 Communiqué portant ouverture du concours
- ✍ 1 communiqué portant résultats (entrée et Sortie) certifiés par le MINISUP

Éventuellement

- ✍ 1 copie d'acte de mariage (pour les Dames)
- ✍ 1 certificat d'individualité
- ✍ 1 copie d'acte de naissance des enfants

Volet prise en charge

- ✍ 1 demande de prise en charge timbrée
- ✍ 2 Fiches Antilope dûment remplies par l'intéressé (e)
- ✍ 2 Notices individuelles dûment remplies pas l'intéressé(e)
- ✍ 1 Attestation de non perception de bourse
- ✍ 1 certificat de prise de service.

1-2 Dossier d'intégration (Décret n° 2000/359 du 05 décembre 2000)

- ✍ 1 Demande d'intégration timbrée
- ✍ 2 copies d'acte de naissance
- ✍ 3 extraits du Cassier Judiciaire
- ✍ 2 Fiches de renseignements avec photos
- ✍ Copie du Diplôme de base (Licence, BAC, CAPI, Probatoire, CAPIA, BEPC, CAPIA,3 BEPC, CAPIAET, CAPME et CEPE)
- ✍ Engagement décennal
- ✍ Quittance (Catégories) « C » 1000frs, « B » 1500frs « A » 2500frs
- ✍ Curriculum vitae
- ✍ Certificat de prise de service
- ✍ Attestation de présence effective au poste de l'année en cours
- ✍ Bulletin de visites médicales
- ✍ Bulletin de solde récent certifié.

– EVENTUELLEMENT

- ✍ 1 Copie d'Acte de mariage (pour les Dames)
- ✍ 1 Certificat d'individualité
- ✍ 1 Certificat d'individualité
- ✍ 1 Certificat de conformité de lieu de naissance

1-3 Avancement échelon

- ✍ - Une demande timbré (précisant le grade, le n° tel, le matricule solde, le lieu de service)
- ✍ Une copie de dernier acte de carrière (intégration, avancement)
- ✍ Une copie de présence effective au poste de l'année en cours
- ✍ Les bulletins de notes correspondantes
- ✍ Un bulletin de solde récent certifié.

1-4 Avancement grade

- ✍ Une demande timbré (précisant le grade, le n° tel, le matricule solde, le lieu de service)
- ✍ Décret ou Arrêté d'intégration dans la Fonction Publique
- ✍ Un arrêté Certifié du dernier avancement
- ✍ Attestation de présence effective au poste de l'année en cours
- ✍ Bulletin de solde récent certifié
- ✍ Une copie d'acte de naissance lisible.

1-5 Avancement catégoriel

- ✍ Une demande timbré (précisant le grade, le n° tel, le matricule solde, le lieu de service)
- ✍ Attestation de présence effective au poste de l'année en cours
- ✍ Dernier acte d'avancement Certifié
- ✍ Bulletin de solde récent certifié
- ✍ Bulletin de notes des 3 dernières années
- ✍ Acte d'engagement certifié (contrat ou Décision d'engagement)

1-6 Bonification d'Echelon

- ✍ Demande timbrée (Précisant le garde, le n° tel, le matricule solde, le lieu de service) ;
- ✍ Copie du diplôme
- ✍ Attestation de présentation de l'originalité du diplôme
- ✍ Arrêté d'Intégration
- ✍ Dernier avancement
- ✍ Attestation de présence effective au poste

1-7 Dossier de reclassement ENS-ENSET

- ✍ 1 demande timbrée (précisant le grade, le n° tel, le matricule solde, le lieu de service)
- ✍ 1 copie d'acte de naissance
- ✍ 1 copie de la Licence ou du DIPET I
- ✍ 1 Copie du DIPES II, DIPET II

- ✍ 1 Copie Certifiée du décret d'intégration dans la Fonction Publique
- ✍ 1 copie certifiée du dernier acte d'avancement
- ✍ 1 Attestation de présentation de l'Original de la Licence ou du DIPET I
- ✍ 1 Attestation de présentation de l'Original du DIPES II, DIPET II
- ✍ 1 Communiqué portant ouverture du Concours
- ✍ 1 Communiqué portant admission sur titre à l'ENS, ENSET
- ✍ 1 Communiqué portant résultat du DIPES II, DIPET II
- ✍ 1 Autorisation de concourir ou de retour sur titre à l'ENS, ENSET
- ✍ 1 certificat de prise de service
- ✍ 1 attestation de présence effective au poste
- ✍ 1 bulletin de solde datant de moins de trois mois

NB : Les pièces doivent être signées par les autorités administratives (Gouverneur, Préfet, Sous-préfet, Chef de District, maires des Communes)

1-8 Congé maladie de courte ou de longue durée

- ✍ Demande timbrée
- ✍ Décret/Arrêté d'intégration certifié
- ✍ Dossier médical assorti d'un certificat médical récent signé par un Médecin agréé
- ✍ Attestation de présence effective au poste de l'année en cours
- ✍ Certificat de prise de service de l'année en cours
- ✍ Bulletin de solde récent certifié

NB : Le dossier est transmis par voie hiérarchique

1-9 Détachement

- ✍ Une demande timbrée (Précisant le grade, le n° tel, le matricule solde, le lieu de service)
- ✍ Une copie certifiée de l'Arrêté/Décret d'Intégration dans la Fonction Publique
- ✍ La correspondance de l'Organisme d'accueil
- ✍ Une attestation de présence au poste de l'année en cours
- ✍ Un bulletin de solde récent certifié

1-10 Capital décès et pension de réversion

- ✍ Demande timbrée
- ✍ Intégration (Certifiée au MINFOPRA)

- ✍ Reclassement et/ou Avancement de Grade Certifiée au MINFOPRA)
- ✍ Dernier avancement (Certifiée au MINFOPRA)
- ✍ Jugement d'hérédité
- ✍ Copie certifiée Acte de décès
- ✍ Certificat de non Appel
- ✍ Copie certifiée d'acte de mariage
- ✍ - Certificat de Monogamies ou Polygamie
- ✍ Certificat de non Remariage
- ✍ Certificat de non Séparation de Corps et non Divorce
- ✍ Certificat de non fonction ou bulletin de solde
- ✍ Copies certifiées des actes de naissances des enfants mineurs
- ✍ Certificat de Domicile
- ✍ Certificat de vie des enfants mineurs

TRES IMPORTANT

*** Chers usagers, Bien vouloir toujours lister les pièces joints a vos demandes.**

1-11 Retraite

- ✍ Demande timbrée (précisant le garde, le n° tel, le matricule solde)
- ✍ Copie d'acte de mariage
- ✍ Copie d'acte de naissance de chaque enfant (mineur)
- ✍ Certificat de vie collectif des enfants (mineurs)
- ✍ - Certificat de scolarité des dits enfants (mineurs)
- ✍ Déclaration d'élection de domicile timbré et signée par un autorité compétence
- ✍ Certificat d'individualité (éventuellement)
- ✍ Intégration, Reclassement, Avancement de grade, dernier acte d'avancement, décision d'engagement, contrat ou avenant
- ✍ Attestation de cessation de service (cas de retraite par anticipation) délivre par le supérieur hiérarchique.

2- Typologie des dossiers traités à la sous-direction de développement des ressources humaines

2-1 Autorisation à concourir 08 pièces Pièces à fournir

- ✍ Demande timbrée au tarif en vigueur

- ✍ Acte d'intégration certifié
- ✍ Dernier acte d'avancement
- ✍ Bulletin de solde le plus récent (03 mois maximum)
- ✍ Certificat de reprise de service (année en cours)
- ✍ Attestation de présence effective au poste
- ✍ Copie du texte lançant le concours
- ✍ Copie du diplôme exigé

NB : pour l'autorisation de concourir en régularisation, ajouter l'attestation d'inscription à l'école ou le diplôme de fin de formation dans l'institution.

2-2 Recommandation 08 pièces

- ✍ Demande timbrée au tarif réglementaire
- ✍ Acte d'intégration certifié
- ✍ Dernier acte d'avancement
- ✍ Bulletin de solde le plus récent (trois mois maximum)
- ✍ Certificat de reprise de service (année en cours)
- ✍ Attestation de présence effective au poste
- ✍ Copie du texte lançant le concours et/ou la sélection
- ✍ Copie du diplôme exigé.

2-3 Autorisation de sortie du territoire 07 pièces

- ✍ Demande timbrée au tarif réglementaire
- ✍ Acte d'intégration certifié
- ✍ Dernier acte d'avancement
- ✍ Bulletin de solde le plus récent (03 mois maximum)
- ✍ Certificat de reprise de service (année en cours)
- ✍ Attestation de présence effective au poste
- ✍ Copie du texte d'invitation et/ou des résultats de la sélection, ou de congé, ou du dossier médical.

2-4 Mise en stage 10 Pièces

- ✍ Demande timbrée au tarif réglementaire
- ✍ Acte d'intégration certifié ou (contrat de travail si la durée du stage ne dépasse pas trois mois)

- ✎ Dernier acte d'avancement
- ✎ Bulletin de solde le plus récent (03 mois maximum)
- ✎ Certificat de reprise de service (année en cours)
- ✎ Attestation de présence effective au poste ou/certificat de scolarité
- ✎ Autorisation de concourir ou copie du texte d'invitation et/ou des résultats de la sélection
- ✎ Deux (02) fiches de renseignements avec photo 4 × 4 dûment signées par une autorité compétente
- ✎ Lettre de financement éventuel.
- ✎ Attestation d'inscription (cas de mise en stage à l'extérieur)

2-5 Prorogation de stage 06 Pièces

- ✎ Demande timbrée au tarif réglementaire
- ✎ Arrêté initial de mise en stage certifié
- ✎ Certificat de scolarité ou renouvellement de l'inscription
- ✎ Rapport de stage à mi-parcours
- ✎ Lettre de prorogation des travaux
- ✎ Lettre de prorogation du financement

2-6 Fin de stage 08 Pièces

- ✎ Demande timbrée au tarif réglementaire
- ✎ Copie de l'arrêté initial de mise en stage certifié
- ✎ Copie du parchemin
- ✎ Exemplaire du mémoire ou de la thèse
- ✎ Rapport de fin de stage
- ✎ Lettre de prorogation des travaux (cas de prorogation de stage)
- ✎ Lettre de prorogation du financement (cas de prorogation de stage)
- ✎ Certificat de reprise de service

2-7 Prise en charge 03 Pièces

- ✎ Demande timbrée au tarif réglementaire
- ✎ Copie de l'arrêté initial de mise en stage
- ✎ Etat des décomptes des incidences financières liées au stage

2-8 Assistance financière 07 Pièces

- ✎ Demande timbrée au tarif réglementaire
- ✎ Acte d'intégration certifié

- ✎ Dernier acte d'avancement
- ✎ Bulletin de solde le plus récent (03 mois maximum)
- ✎ Certificat de reprise de service (année en cours)
- ✎ Attestation de présence effective au poste
- ✎ Toutes pièces à conviction

2-9 Remboursement des frais 07 Pièces

- ✎ Demande timbrée au tarif réglementaire
- ✎ Acte d'intégration certifié
- ✎ Dernier acte d'avancement
- ✎ Bulletin de solde le plus récent (trois mois maximum)
- ✎ Certificat de reprise de service (année en cours)
- ✎ Attestation de présence effective au poste
- ✎ Toutes pièces à conviction.

3- Typologie des dossiers traités à la sous-direction de la solde

3-1 Prestations Familiales

- ✎ Demande timbrée
- ✎ Copie certifiée de l'acte d'intégration (pour le premier enfant)
- ✎ Attestation de non perception à la CNPS
- ✎ Certificat de non fonction de l'épouse ou de l'époux
- ✎ Copies certifiées des actes de naissance des enfants
- ✎ Copie certifiée de l'acte de mariage
- ✎ Certificat de vie individuel
- ✎ Certificat de vie collectif
- ✎ Bulletin de solde récent
- ✎ Présence effective

3-2 Indemnité de logement

- ✎ Demande timbrée
- ✎ attestation de non logement signée par le Ministre en charge de l'Urbanisme et de l'Ha-bitat ou le Chef de Service Provincial du Patrimoine.
- ✎ Attestation de libération pour quelqu'un qui a été logé préalablement.
- ✎ Présence effective au poste
- ✎ Bulletin de solde récent

3-3 Indemnité de sujétion, Responsabilité

- ✍ Demande timbrée
- ✍ Copie certifiée de l'acte de nomination
- ✍ Certificat de prise de service au nouveau poste
- ✍ Bulletin de solde récent

3-4 Reprise en solde

- ✍ Demande timbrée
- ✍ Acte de suspension (décret, arrêté, décision constatant l'absence irrégulière, le détachement, la mise en disponibilité.)
- ✍ Acte de reprise en solde signé de l'autorité ayant autorisé la suspension
- ✍ Premier bulletin nul
- ✍ Dernier bulletin de solde avec salaire
- ✍ Certificat de reprise de service
- ✍ Décret ou arrêté de détachement (pour un fonctionnaire en détachement)
- ✍ Décret ou arrêté pour un fonctionnaire en détachement qui ramène l'intéressé à son administration d'origine
- ✍ Présence effective

3-5 Avancement, Intégration

- ✍ Demande timbrée
- ✍ Acte d'intégration ou avancement
- ✍ Bulletin de solde récent
- ✍ Présence effective

3-6 Avance de solde unique

- ✍ Demande timbrée avec l'accord de la hiérarchie précisant le nombre de mois.
- ✍ Motivation de la demande (dossier médical, note d'affectation etc.)
- ✍ Bulletin de solde récent
- ✍ Présence effective

3-7 Rappels non perçus et non mémorisés

- ✍ Demande timbrée
- ✍ Dernier Bulletin avant l'effet financier de l'acte
- ✍ Premier bulletin de l'effet financier de l'acte
- ✍ Etat de rappels

- ✍ Historique
- ✍ Bulletin récent
- ✍ Présence effective

3-8 Rectification d'erreur sur l'âge d'un fonctionnaire ou Agent de l'État relevant du code de travail

- ✍ Demande timbrée
- ✍ Original de l'acte de naissance et sa copie certifiée conforme.
- ✍ Copie certifiée de l'acte d'intégration ou la décision d'engagement ou le contrat de travail
- ✍ Lettre de transmission avec avis du Ministre de la Fonction Publique
- ✍ Présence effective

3-9 Changement d'assignation Virement

- ✍ Demande timbrée
- ✍ Attestation d'ouverture de compte
- ✍ Bulletin de solde récent

Bon de caisse

- ✍ Demande timbrée
- ✍ Certificat de prise de service
- ✍ Nouveau poste d'affectation
- ✍ Note d'affectation
- ✍ Bulletin de solde récent

3-10 Changement de situation matrimoniale

- ✍ Demande simple,
- ✍ copie d'acte de mariage
- ✍ Bulletin récent
- ✍ présence effective

3-11 Attestation de virement irrévocable

- ✍ Demande timbrée
- ✍ Bulletin de solde récent
- ✍ Présence effective

3-12 Entretien véhicule

- ✍ Demande timbrée
- ✍ Attestation d'utilisation du véhicule

Bibliographie

- ✍ Attestation de l'assurance de l'année en cours de validité
- ✍ Visite Technique
- ✍ Carte Grise
- ✍ Présence effective
- ✍ Bulletin de solde
- ✍ Acte de nomination certifié
- ✍ Prise en charge financière des Normaliens en cours d'intégration
- ✍ Entretien véhicule.