



---

## **RAPPORT DE PROJET 3ème ANNÉE**

### **- La statistique des petits nombres -**

---

**Auteur :**  
LAUWERIERE Fabrice

**Tutrice de projet :**  
BENMOUFEK Dominique

## Table des matières

<b>1</b>	<b>Introduction : Étude bibliographique et définition du sujet de recherche</b>	<b>2</b>
1.1	Travaux sur l'utilisation des données de navigation . . . . .	2
1.2	La détection de comportement atypique : parallèle avec la génétique . . . .	2
<b>2</b>	<b>Génération des données de travail</b>	<b>2</b>
2.1	Impossibilité de récupérer de vraies données . . . . .	2
2.2	Récupération en ligne de données par un robot . . . . .	2
2.3	Création d'historique pour un groupe d'individus . . . . .	4
2.3.1	Les racines pour des branches de navigation . . . . .	4
2.3.2	La profondeur des branches . . . . .	4
2.3.3	Le repêchage en cas de manque d'information . . . . .	4
2.4	Classement des données par catégories . . . . .	5
2.4.1	Établissement et indexation d'une liste des catégories . . . . .	5
2.4.2	Pertinence du classement et des catégories retenues . . . . .	5
2.5	L'insertion des cas atypiques . . . . .	5
<b>3</b>	<b>Utilisation d'un algorithme de génétique</b>	<b>5</b>
3.1	Origine : évolution génétique et analyse de fichiers d'audits de sécurité . . .	5
3.2	Fonctionnement de l'algorithme . . . . .	6
3.2.1	Quelques notations . . . . .	6
3.2.2	L'algorithme . . . . .	6
3.2.3	La fonction de sélection . . . . .	7
3.2.4	Utilisation de nombres binaires . . . . .	7
3.2.5	La récupération du(des) meilleur(s) résultat . . . . .	8
3.3	Temps de calcul et complexité . . . . .	8
3.4	Validité des résultats . . . . .	9
3.5	Piste explorée sans succès . . . . .	9
<b>4</b>	<b>Perspectives d'améliorations</b>	<b>9</b>
4.1	Parallélisation pour réduire le temps de calcul . . . . .	9
4.2	Différences entre les pays ? . . . . .	9
	<b>Conclusion</b>	<b>11</b>
	<b>Références</b>	<b>12</b>

## 1 Introduction : Étude bibliographique et définition du sujet de recherche

### 1.1 Travaux sur l'utilisation des données de navigation

Une des particularités du début de ce projet a été le besoin de choisir et de définir l'objet de recherche du projet. En effet les seules directions données étaient qu'il devait se baser sur l'analyse de traces récupérer sur Internet ou bien sur des algorithmes de recommandation pour de faible population.

La première phase de ce projet a donc été une étude bibliographique afin de mieux cerner et de mieux comprendre les enjeux de ces domaines. L'élément déclencheur qui m'a fait choisir de travailler sur la détection de comportement atypique à partir des données de navigation internet d'un groupe d'individus a été la lecture d'une publication de Eugene AGICHTEN : Mining Online User Behavior : from Improving Search to Detecting Cognitive Impairment. Ce papier décrit l'idée d'utiliser et d'analyser le comportement d'individus sur internet pour tenter de repérer chez eux des signes de maladies cognitives comme la maladie d'Alzheimer.

### 1.2 La détection de comportement atypique : parallèle avec la génétique

Ayant déjà utilisé des algorithmes de génétique pour d'autres projets, j'ai pensé essayer d'adapter et d'identifier mon problème à un problème de génétique. Les avantages apportés par l'utilisation d'un algorithme de génétique sont tout d'abord la documentation par rapport à ces algorithmes puisqu'ils sont pour la plupart utilisés depuis assez longtemps.

La détection de mutations et de singularités est aussi un des principaux problèmes de la génétique et j'ai pensé qu'il serait possible de transposer le problème qui m'intéresse à un problème de génétique de ce type.

## 2 Génération des données de travail

### 2.1 Impossibilité de récupérer de vraies données

Pour pouvoir essayer de détecter un comportement atypique d'un individu au milieu d'une population qui elle aurait un comportement qu'on appellera normal, il faut avoir cette référence de la navigation internet classique d'un individu. Pour récupérer des historiques de navigation, on peut penser soit les récupérer en les demandant à de vraies personnes mais l'inconvénient principal de cette technique est que l'on obtiendrait pas un nombre suffisant d'historiques pour pouvoir travailler dessus.

La seconde possibilité rapidement abandonnée était de récupérer ces historiques à l'insu des personnes concernées grâce à du spam. Cette solution sortant du cadre légal et étant assez complexe à tout de suite été écartée.

La solution restante est de générer des individus et leur historiques. Le problème principal devient alors la création d'historique de navigation plausible et le plus proche possible de la navigation qu'aurait un vrai être humain.

## 2.2 Récupération en ligne de données par un robot

Les matières premières pour créer des historiques les plus réalistes possibles sont les statistiques et les informations sur les sites internet les plus visités. Toutes ces informations ont été récupérées sur le site Alexa.com qui fournit des informations et des statistiques sur le trafic des sites internet. Ce site fournit également des classements des sites par rapport à leur nombre de visiteurs.

On a donc créé un robot qui récupère les informations voulues envoyant une requête HTTP et en parcourant le code html de la page pour en extraire les informations voulues. Ces informations sont ensuite stockées au fur et à mesure dans un fichier XML. Cette récupération se fait en plusieurs étapes comme décrit ci-après :

- On récupère en premier le classement des 500 premiers sites les plus visités en France. (Remarque : On a utilisé la France mais il suffit de changer l'adresse de requête pour pouvoir travailler avec des données sur un autre pays)
- Une fois que l'on a récupéré les 500 sites les plus visités et qu'ils sont stockés dans un XML par rang, on parcourt ce fichier XML et pour chacun des sites on effectue une requête HTTP vers la page des informations détaillées sur ce site. On récupère alors dans le code html de la page les 10 parents dans la navigation qui sont les plus probables ainsi que leur pourcentage. Un parent dans la navigation est un site qu'un internaute a visité juste avant de visiter le site en question. Le pourcentage cité est le pourcentage de gens arrivant sur ce site depuis le parent en question. On stocke chacun de ces parents dans le fichier XML
- Sur la même page d'information détaillées sur chacun des 500 sites, on récupère aussi les principales catégories auxquelles le site appartient. Ces principales catégories sont également stockées dans le fichier XML à la suite des parents de navigation.

Avec une connexion internet d'environ 10 mega, le robot a besoin d'une douzaine de minutes pour récupérer toutes les informations voulues et les stocker. Voici un aperçu des informations recueillies dans le XML pour un site internet.

Ce robot n'a besoin d'être lancé qu'une seule fois mais on peut le lancer plusieurs fois pour des informations sur des pays différents si l'on souhaite faire des comparaisons.

## 2.3 Création d'historique pour un groupe d'individus

### 2.3.1 Les racines pour des branches de navigation

Pour la création d'historiques les plus "humains" possible, on considère que les individus fonctionnent par session de navigation que l'on appellera des branches. Une branche correspond au fait que l'individu va aller sur un premier site puis naviguer depuis ce site racine vers d'autres sites qui sont chacun assez proche de leur prédécesseur. Le programme demande donc en tout premier lieu le nombre d'individus pour lesquels on souhaite créer un historique puis il sera demandé à l'utilisateur un nombre minimum et un maximum de racines pour les individus du groupe. Pour chaque individu du groupe le programme tirera ensuite aléatoirement un nombre entre ces deux bornes qui déterminera le nombre

```

<site rank="2">
  <name>google.com</name>
  <parent prob="4.4">facebook.com</parent>
  <parent prob="3.0">youtube.com</parent>
  <parent prob="1.6">yahoo.com</parent>
  <parent prob="1.0">wikipedia.org</parent>
  <parent prob="0.9">twitter.com</parent>
  <parent prob="0.8">google.co.in</parent>
  <parent prob="0.7">googleusercontent.com</parent>
  <parent prob="0.7">linkedin.com</parent>
  <parent prob="0.6">amazon.com</parent>
  <parent prob="0.4">live.com</parent>
  <category>Computers</category>
  <category>Internet</category>
  <category>Searching</category>
  <category>Search Engines</category>
  <category>Google</category>
</site>

```

FIGURE 1 – Information sur un site internet stocké dans un fichier XML par le robot

de branche de navigation dans l'historique. Chaque racine est choisie aléatoirement parmi les 50 premiers sites les plus visités.

### 2.3.2 La profondeur des branches

Le programme demandera également à l'utilisateur de lui donner une profondeur minimum et maximum pour les branches de navigation. Pour chaque individu et chaque branche de cet individu, une profondeur sera tirée aléatoirement entre les bornes rentrées. Cette profondeur correspond au nombre de fois qu'un utilisateur va passer d'un site à un successeur. Il faut faire remarquer deux choses :

- Tout d'abord le fait que l'on crée ces branches de navigation à l'envers, on part du dernier site visité et on remonte vers un des 10 premiers parents de ce site car les seules informations que nous avons sont les parents des sites. Le parent vers lequel on remonte parmi les 10 est choisi aléatoirement mais ce choix est pondéré par les probabilités de chacun de ces parents.
- Ensuite il en résulte que si l'on choisit un parent qui ne figure pas dans la liste des 500 premiers sites les plus visités sur lesquels on possède des informations, on ne peut pas choisir un nouveau parent malgré le fait que l'on n'ait pas encore atteint la profondeur atteinte. On imagine alors un système de repêchage décrit ci-après.

### 2.3.3 Le repêchage en cas de manque d'information

Si l'on est dans le cas décrit ci-avant où le dernier parent choisi dans la branche de navigation ne fait pas partie de la liste de sites pour lesquels on possède des informations, on définit un système de repêchage qui consiste à donner à la branche en question une chance de repartir sur un des 20 premiers sites les plus visités. Cette chance est proportionnelle à l'avancement dans la profondeur de la branche. Plus on est arrivé loin dans la branche et moins on a de chance d'être repêché.

Si la branche en question ne passe pas le repêchage, elle est arrêtée avant d'atteindre la profondeur qui lui avait été assignée.

## 2.4 Classement des données par catégories

### 2.4.1 Établissement et indexation d'une liste des catégories

L'algorithme que l'on va utiliser et qui sera détaillé un peu plus loin dans ce rapport a besoin en entrée du nombre de site de chaque catégories pour tous les individus. Une fois que l'on a les données de navigation pour tous les individus, on crée alors en parcourant le fichier XML des 500 premiers site une liste de toutes les catégories de site possibles et on compte pour chaque utilisateur le nombre de sites de chaque catégories qu'il a visité.

### 2.4.2 Pertinence du classement et des catégories retenues

On peut s'interroger sur la pertinence d'un tel classement par catégories. En effet les catégories récupérées sur le site Alexa.com sont quelquefois peu commune en particulier lorsqu'il s'agit de site internet étrangers. Certaines catégories ne sont même pas écrite avec des caractères de l'alphabet latin. Cependant ce qui nous intéressera plus tard dans l'algorithme, se sera seulement si pour une ou plusieurs catégories, un ou plusieurs individu ont des comportement qui diffèrent beaucoup des autres. Étant donné cela, des catégories sans noms et simplement numérotées auraient suffis.

La deuxième chose sur laquelle on peut avoir des doutes quand au classement par catégories, c'est la fait que tous les sites qui sont dans l'historique mais qui ne font pas partie des 500 premiers sur lesquels on a des infos ne seront pas classés. On peut relativiser cela par le fait que l'on ne rencontre ce cas que très rarement.

## 2.5 L'insertion des cas atypiques

Une fois que le classement des sites visités par catégories est fait pour chaque individu, il est demandé à l'utilisateur de choisir un nombre d'individus auxquels on souhaite conférer un comportement atypique. Il a été choisi de ne pas laisser la possibilité à l'utilisateur de modifier plus de 50% des individus pour deux raisons. Tout d'abord la vraisemblance mais aussi le fait que cela permet de réduire grandement le nombre de cas à traiter et donc le temps de calcul de l'algorithme.

On a choisi de créer un comportement atypique en ajoutant à un individu sur une, deux ou trois catégories un nombre de visite supplémentaire allant de 100 à 200 (tiré aléatoirement). On peut bien sûr créer des comportements atypique de manière différente mais ce cas là m'a paru le plus adapté pour un premier essai.

## 3 Utilisation d'un algorithme de génétique

### 3.1 Origine : évolution génétique et analyse de fichiers d'audits de sécurité

Comme cela a été mentionné plus haut, l'idée d'utiliser un algorithme de génétique pour détecter les comportement atypiques paraît pertinente pour deux raison principale.

Tout d'abord le fait qu'en génétique le problème de détection de mutation expliquant l'évolution d'une population peut être transposé à notre problème. La deuxième raison est que les algorithmes de génétique sont depuis maintenant assez longtemps connus et ont été optimisés.

Pour ce projet, une publication de Ludovic MÉ, *GasSATA, a Genetic Algorithm as an Alternative Tool for Security Audit Trails Analysis* a beaucoup aidé à comprendre l'algorithme et surtout à le transposer au problème traité puisque dans ce papier, l'algorithme génétique qui nous intéresse a été transposé pour la résolution du problème de l'audit de fichiers de sécurité sur un système informatique. En résumé, on cherche dans ce problème la combinaison d'attaque la plus probable pour expliquer les fichiers d'audits.

## 3.2 Fonctionnement de l'algorithme

### 3.2.1 Quelques notations

Pour l'explication de l'algorithme, on utilisera un schéma tiré du papier de Ludovic MÉ cité précédemment ainsi que les mêmes notations pour des raisons de commodité.

$N_a$  représente dans le papier le nombre d'attaques possible que peut subir le système. Dans notre cas il représentera le nombre de personnes dans le groupe que l'on évalue. On cherchera alors la meilleure combinaison de personnes atypique pour expliquer les observations.

$N_e$  représente dans le papier les différents types d'événements qui peuvent survenir dans chaque attaque. Pour nous ce nombre représentera donc le nombre de différentes catégories de sites possiblement visitables par un individu.

$\mathbf{AE}$  sera la matrice des occurrences. C'est la matrice de taille  $N_e \times N_a$  qui contient pour chaque individu le nombre de sites de chaque catégories qu'il a visité.

$\mathbf{R}$  est une matrice de taille  $N_a$  qui contient les risques pour le système regardant chaque attaque. Transposé à notre problème, cette matrice représenterait le risque encouru si tel ou tel individu est atypique. Vu qu'il n'y en a pas, tous les individus seront considérés comme ayant un même risque de 1.

$\mathbf{H}$  est une matrice binaire de taille  $N_a$  dont les valeurs sont 1 si l'individu est atypique et 0 sinon. C'est cette matrice  $\mathbf{H}$  la meilleure possible que l'on cherchera.

$\mathbf{O}$  est la matrice des observations. Dans notre cas cette matrice correspondra à une matrice de taille  $N_e$  qui contiendra le nombre de site visité par catégorie pour tout individu confondu s'il n'y avait eu aucun cas atypique.

### 3.2.2 L'algorithme

Le but de l'algorithme est de maximiser le produit entre les matrices  $\mathbf{R}$  et  $\mathbf{H}$  tout en respectant les conditions que pour chaque catégorie, le produit  $\mathbf{AE} \times \mathbf{H}$  doit être inférieur

ou égal à 0. On voit que cette condition sera respectée mais peut ne pas l'être si la matrice H contient un 1 pour un ou plusieurs individu atypique. C'est ce que l'on utilisera pour les détecter. On peut donc résumer avec le schéma suivant tiré du papier de Ludovic MÉ, *GasSATA, a Genetic Algorithm as an Alternative Tool for Security Audit Trails Analysis*.

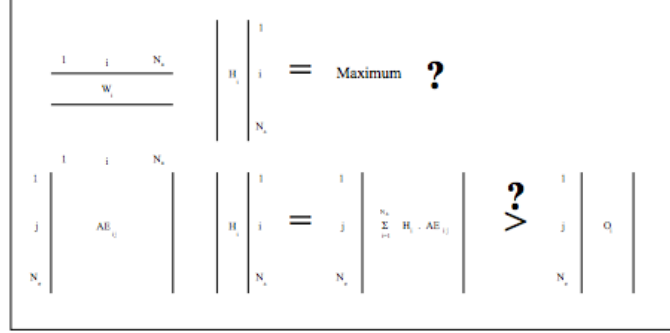


FIGURE 2 – Schéma résumant l'algorithme GASSATA

### 3.2.3 La fonction de sélection

Afin de rechercher la meilleure combinaison possible, on va définir une fonction dite de sélection pour chaque combinaison possible du vecteur H. Le but sera alors de trouver le maximum de cette fonction. Vu que ce que l'on cherche à maximiser est le produit R.H, le calcul de la fonction contiendra ce produit.

On va ensuite définir des pénalité qui vont faire diminuer la valeur prise par cette fonction dans les cas où certaines des catégories ne respectent pas l'inégalité. On aura une fonction de sélection de la forme suivante :

$$F(I_i) = \alpha + \left( \sum_{i=1}^{N_a} R_i \cdot I_i - \beta \cdot T_e^2 \right)$$

FIGURE 3 – Forme de la fonction de sélection

Ici la matrice I représente une des combinaison possible de la matrice H recherchée.  $T_e$  représente le nombre de catégories qui ne respectent pas l'inégalité et qui entraîneront donc une pénalité. Cette pénalité est représenté par le produit  $\beta T_e^2$ . Le coefficient  $\alpha$  sert à faire en sorte qu'à partir d'un certain nombre de catégorie pénalisées, la fonction renvoi une valeur négative et la solution I sera alors écartée.

### 3.2.4 Utilisation de nombres binaires

Comme cela a déjà été dit précédemment, on ne testera pas tous les cas possible mais seulement les cas avec au plus 50% d'individus atypique parmi le groupe.



Toutes les combinaisons possible pour le vecteur  $H$  sont les représentation binaire des nombre allant de 0 à  $2^{N_a}$ . Parmi toutes ces possibilités, on ne teste donc que celles qui ont au plus  $\frac{N_a}{2} - 1$  et le reste de 0.

### 3.2.5 La récupération du(des) meilleur(s) résultat

On récupère donc en sortie de l'algorithme toutes les combinaisons pour lesquelles la fonction de sélection est positive. Cela correspond à toutes les solutions où au moins un individu atypique a été détecté.

Dans la formule de la fonction de sélection, la puissance de  $T_e$  sert justement à séparer les groupes de résultats en fonction du nombre d'individus atypiques détectés. Plus on détecte d'individus atypiques et plus la valeur prise par la fonction sera grande mais les valeurs prise par la fonction pour des cas où l'on détecte le même nombre d'atypiques seront proche.

On récupère donc le paquet de résultat le plus grand qui correspond aux combinaison ayant détecté le plus d'individus atypiques. Ensuite parmi ces différentes possibilités, il faut choisir la meilleure, c'est à dire celle qui ne considère pas en plus comme atypique des individus qui ne le sont pas. Ce sera donc la combinaison qui possède le moins de 1 possible parmi le groupe déjà présélectionné. Cela se traduit par la valeur la plus basse de la fonction de sélection dans ce groupe.

## 3.3 Temps de calcul et complexité

La complexité de cet algorithme est exponentielle. En effet le temps de calcul de cet algorithme dépend principalement du nombre d'individus dans le groupe que l'on souhaite tester. En effet, à chaque fois que l'on rajoute 1 individu supplémentaire, on multiplie le temps de calcul par 2 environ.

Ainsi compte tenu du fait que l'on à ici 410 catégories différentes, avec un processeur de 2,9 GHz et un mémoire de 8 Go, on obtient les temps de calcul suivants :

$N_a$	Temps
3	10s
5	55s
7	3m40s
10	35m
12	2h40m

FIGURE 4 – Tableau des temps de calcul en fonction du nombre d'individus

On peut donc à partir de là faire des estimations de ce temps de calcul si l'on considère de plus grand groupe d'individu.

## 3.4 Validité des résultats

La validité des résultats dépend principalement de la matrice de référence  $O$  que l'on va considérer. Si l'on construit cette matrice à partir des informations de navigation produites avant l'insertion d'individus à comportement atypique, avec les coefficients  $\alpha$  et  $\beta$  ainsi que

$N_a$	Temps estimé
15	24h
20	32j
30	90ans

FIGURE 5 – Tableau des temps de calcul en fonction du nombre d'individus

la puissance choisis correctement pour éliminer toutes les combinaisons qui n'ont que des pénalités sur toutes les catégories, le résultat obtenu sera à chaque fois le bon.

Par contre si on considère le cas plus réaliste d'une matrice de référence calculée en faisant la moyenne de plusieurs créations d'historiques avec des paramètres similaires à ceux de l'historique que l'on souhaite étudier, sauf cas particulier faiblement probable, on obtiendra les combinaisons regroupant tous les cas atypiques mais il sera difficile de différencier la solution optimale de celles où l'on a des individus normaux considérés comme atypiques.

### 3.5 Piste explorée sans succès

Avant l'utilisation de l'algorithme ci-avant, il a été tenté de réaliser la détection à l'aide de fonctions de notations qui permettraient de noter le risque que représente chaque catégorie pour le comportement recherché en fonction du nombre de visite sur des sites de cette catégorie.

L'avantage d'une telle approche est qu'il serait alors possible de faire la distinction entre différents types de comportement atypiques. Je ne suis pas parvenu à obtenir des résultats avec cette méthode et l'ai donc mise de côté mais je reste persuadé qu'il serait possible d'arriver à des détections plus précises.

## 4 Perspectives d'améliorations

### 4.1 Parallélisation pour réduire le temps de calcul

Le principal obstacle rencontré est le temps de calcul de cet algorithme. Une première solution pour le faire diminuer serait la parallélisation de certaines opérations.

Je pense tout d'abord en dehors de l'algorithme lors de la création des différentes branches de navigation. En effet ces branches sont indépendantes et pourrait donc être créées en parallèles.

Ensuite dans l'algorithme il faudrait diviser les  $2^{N_a}$  cas sur plusieurs threads en choisissant le nombre maximum de cas traité par un même thread.

Enfin une manière d'augmenter grandement l'efficacité du calcul serait de le distribuer sur un cluster de machine.

### 4.2 Différences entre les pays ?

Une piste intéressante pour l'utilisation d'un tel algorithme serait de faire la comparaison entre les résultats obtenus pour des pays différents afin d'obtenir des résultats d'études

sociologique. En récupérant les informations sur un autre pays, il serait intéressant de voir si ce qui est considéré comme un comportement atypique avec les données d'un pays serait considéré comme un comportement normal dans un autre.

## Conclusion

Une des principale caractéristique de ce projet a été le choix au départ du sujet de recherche. Même si c'est un peu perturbant au départ, c'est une liberté non négligeable qui permet de concentrer ses recherches sur un sujet attrayant. Le principal apport a été l'apprentissage de l'adaptation d'une solution déjà existante pour un problème similaire à mon problème. La transposition du problème de détection de comportement atypique au problème de détection de mutation génétique persistante a été avec le codage de l'algorithme au cœur du projet.

Ce projet m'a également beaucoup apporté en ce qui concerne l'amélioration de mes compétences techniques en java principalement mais aussi bien sûr en algorithmique. Ce sujet reste ouvert à beaucoup d'amélioration dont par exemple celles citées précédemment qui concernent principalement la diminution du temps de calcul ou encore l'amélioration de la précision de la détection.

## Références

- [1] Ludovic MÉ : GasSATA, a Genetic Algorithm as an Alternative Tool for Security Audit Trails Analysis.
- [2] Ludovic MÉ : Un algorithme génétique pour détecter des intrusions dans un système informatique.
- [3] Eugene AGICHTEIN : Mining Online User Behavior : from Improving Search to Detecting Cognitive Impairment.
- [4] Eugene AGICHTEIN, Eric BRILL, Susan DUMAIS et Robert RAGNO : Learning User Interaction Models for Predicting Web Search Result Preferences