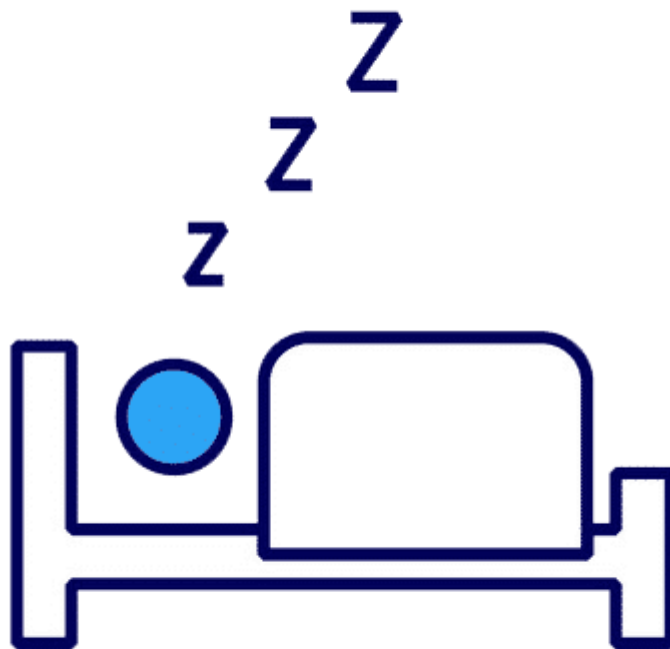


SY10 A2019

Evaluation de la qualité du sommeil et diagnostic de maladies du sommeil



Supervisé par D.DESCHAMPS

Remerciements

Nous tenons sincèrement à remercier Mr ZALILA qui a su nous transmettre sa passion pour la logique floue. Nous avons été agréablement surpris par la polyvalence qu'offre la logique floue afin de résoudre des problèmes complexes de la vie réelle.

Nous ne regrettons aucunement d'avoir fait le choix de suivre SY10 ce semestre, car même si cette UV nécessite un investissement personnel important afin de maîtriser tous les nouveaux concepts, elle s'est avérée être une UV passionnante et enrichissante. Comme Mr ZALILA nous l'avait annoncé en début de semestre, nous avons désormais tous les outils nécessaires pour mettre en place des projets basés sur la logique floue comme en témoigne ce rapport.

Nous tenons également à remercier Mr DESCHAMPS pour nous avoir guidé et conseillé tout le long du semestre afin de mener à bien notre projet que nous avons le plaisir de vous présenter.

Table des matières

Remerciements	1
Table des figures	4
Introduction	5
I – Qu'est-ce qu'est le sommeil ?	7
II – Conception du système flou	8
1 – Liste des variables d'entrée	8
2 – Explication du choix des variables et des sous-systèmes	9
A – Sous-système n°1 : Ondes Alpha.....	9
B – Sous-système n°2 : Ondes Beta	10
C – Sous-système n°3 : Ondes Sigma	12
D – Sous-système n°4 : Ondes Delta	14
E – Sous-système n°5 : Apnée du sommeil.....	16
F – Sous-système n°6 : Insomnie	17
G – Sous-système n°7 : Qualité endormissement	18
H – Sous-système n°8 : Qualité Sommeil	19
I – Système flou : Conseils	20
III – Implémentation avec MATLAB	21
1 – Création des sous-systèmes	21
A – Sous-système n°1 : Ondes Alpha.....	21
B – Sous-système n°2 : Ondes Beta	23
C – Sous-système n°3 : Ondes Sigma	28
D – Sous-système n°4 : Ondes Delta	31
E – Sous-système n°6 : Apnée du sommeil.....	37
F – Sous-système n°6 : Insomnie	40
G – Sous-systèmes n°7 : Qualité Endormissement	43
H – Sous-système n°8 : Qualité Sommeil	44
I – Système floue : Conseils	46
2 – Méthode pour distinguer l'homme et la femme.....	49
3 – Méthode pour faire le test sur plusieurs nuits	50
4 – Méthode de défuzzification	51
5 – Méthode pour conseiller la personne à la fin du test	52
IV – Etude de cas	53
1 – Cas n°1 : Marc	53
2 – Cas n°2 : Charlotte.....	55
3 – Cas n°3 : Jean	57

4 – Cas n°4 : Justine.....	59
5 – Cas n°5 : Emma.....	61
V – Limites et perspectives d’amélioration.....	63
VI – Annexes.....	64
1 – Organigramme.....	64
VI- Bibliographie et Webographie	65
1 – Bibliographie	65
2 – Webographie	65
A - Le sommeil en général.....	65
B - Nos variables	65

Table des figures

Figure 1 : SF - Ondes Alpha	9
Figure 2 : SF - Ondes Beta.....	11
Figure 3 : SF - Ondes Sigma	13
Figure 4 : Ondes Delta	15
Figure 5 : SF - Apnée du sommeil	16
Figure 6 : SF - Insomnie	17
Figure 7 : SF - Qualité Endormissement.....	18
Figure 8 : SF - Qualité Sommeil	19
Figure 9 : SF - Conseils.....	20
Figure 10 : Classes Nicotine.....	21
Figure 11 : Classes Alcool.....	22
Figure 12 : Classes Niveau Sonore	23
Figure 13 : Classes Vitamine C Femme	24
Figure 14 : Classes Vitamine C Homme	24
Figure 15 : Classes Méditation	25
Figure 16 : Classes Magnésium Homme	26
Figure 17 : Classes Magnésium Femme	27
Figure 18 : Classes Calcium.....	28
Figure 19 : Classes Lumière Bleue.....	28
Figure 20 : Classes Vitamine B6	29
Figure 21 : Classes Vitamine E	30
Figure 22 : Classes Café Heure	31
Figure 23 : Classes Café Quantité.....	31
Figure 24 : Classes Gras Homme.....	32
Figure 25 : Classe Gras Femme.....	33
Figure 26 : Classes Glucides Homme	33
Figure 27 : Classes Glucides Femme.....	34
Figure 28 : Classes Fibres Homme	34
Figure 29 : Classes Fibres Femme.....	35
Figure 30 : Classes Rythme Cardiaque	37
Figure 31 : Classes Nombres Apnées	37
Figure 32 : Classes Taux Oxygène.....	38
Figure 33 : Classes Nombre de Réveils	40
Figure 34 : Classes Temps avant de dormir	40
Figure 35 : Classes Ronflement	41
Figure 36 : Qualité Endormissement	43
Figure 37 : Qualité Sommeil	44
Figure 38 : Conseils	46
Figure 39 : Code Choix de Sexe 1.....	49
Figure 40 : Code Choix de Sexe 2.....	49
Figure 41 : Code Plusieurs Nuits 1	50
Figure 42 : Code Plusieurs Nuits 2	50
Figure 43 : Code Plusieurs Nuits 3	50
Figure 44 : Code Défuzzification.....	51
Figure 45: Code pour trouver le meilleur conseil.....	52
Figure 46 : Organigramme Global	64

Une personne dort en moyenne huit heures par jour, ce qui signifie qu'elle dormira environ 229,961 heures, c'est à dire plus de 26 ans, soit un tiers de sa vie. De nos jours, de nombreuses études scientifiques ont démontré que le sommeil est aussi important pour notre survie que boire et manger.

Le sommeil peut être défini comme une succession de trois à cinq cycles d'environ 90 minutes chacun. Au sein de chaque cycle, il existe une alternance de deux types de sommeil différents qui sont associés à des ondes cérébrales spécifiques : le sommeil paradoxal, lent également appelé sommeil REM (Rapid Eye Movement) et le sommeil non-REM qui représentent respectivement environ 25% et 75% de notre temps de sommeil.

Le manque de sommeil a inévitablement des répercussions négatives sur notre santé mais également sur notre vie sociale. Par exemple, le cerveau n'est plus en mesure d'activer le processus de la consolidation de la mémoire ou encore un manque de sommeil répété peut augmenter drastiquement les risques de développer des maladies cardiovasculaires et des cancers. Le sommeil est donc crucial pour de multiples fonctions biologiques et c'est pour cela que les maladies du sommeil doivent être prises au sérieux afin d'éviter toutes dégradations sur la santé.

On peut par exemple s'intéresser à l'apnée du sommeil qui est aujourd'hui une problématique globale puisque plus de 18 millions d'Américains en souffrent quotidiennement. Cette maladie est valable pour les deux sexes mais aussi pour les enfants puisqu'on estime que 2% à 3% en sont atteints.

L'apnée du sommeil est, comme son nom l'indique, une maladie du sommeil qui provoque une brève interruption de la respiration du dormeur. On considère qu'un patient souffre d'apnée du sommeil à partir du moment où il subit plusieurs interruptions, de minimum 10 secondes. D'un point de vue médical, l'apnée du sommeil survient lorsque les muscles de la gorge ne sont pas capables de garder les voies respiratoires ouvertes et cela cause un faible taux d'oxygène dans le sang ainsi qu'un sommeil de pauvre qualité.

Etant donné que nous nous intéressons à la qualité du sommeil ainsi qu'à ses maladies, il est nécessaire de définir une autre maladie courante : l'insomnie. Elle est définie comme une diminution de la qualité et de la quantité de sommeil. D'ailleurs, même si les origines des insomnies ne sont pas clairement identifiées, il existe une multitude de symptômes. En effet, le fait de dormir pendant de courtes périodes, de se lever trop tôt et d'avoir le sentiment de ne pas avoir dormi de la nuit font partis des symptômes clés à identifier.

L'utilisation des mathématiques du flou se révèle particulièrement intéressante car nous traiterons des données imprécises. De plus, étant donné la complexité du sommeil ainsi que l'incertitude des données des différentes variables qui interviennent, l'utilisation d'une logique binaire serait inadaptée puisqu'elle simplifierait trop la résolution du problème ce qui signifie que les résultats ne seraient pas cohérents. L'intelligibilité du système sera également d'une grande aide puisqu'elle permettra de mettre en place des conseils de consultation ce qui contribuera à l'amélioration de la qualité de sommeil.

Le but de notre modèle flou est d'une part, d'évaluer la qualité du sommeil d'un adulte (homme ou femme) en lui attribuant une note sur 100 en se basant sur les ondes cérébrales tels que les beta, sigma, delta et alpha ; ainsi que de détecter si celui-ci souffre de maladies du sommeil comme l'insomnie ou l'apnée du sommeil. Dans un deuxième temps, nous interpréterons les résultats obtenus pour diriger la personne vers des médecins spécialisés.

I – Qu'est-ce qu'est le sommeil ?

Comme évoqué en introduction, il existe deux types de sommeil différents, le sommeil non-REM et le sommeil REM.

La période non-REM (sommeil lent) est divisée en trois stades.

Le premier stade est celui de l'endormissement qui ne dure que quelques minutes. A cette étape, notre corps et nos muscles se relâchent, notre rythme cardiaque, respiratoire et nos mouvements oculaires diminuent. Nous sommes à la frontière entre la veille et le sommeil. La fréquence des ondes (rythmes) alpha, qui correspondent à l'état de veille calme diminue ainsi fortement pour laisser place à l'installation du sommeil qui se traduit par une augmentation de la fréquence des ondes thêta.

Le deuxième stade qui représente 50% du temps total de sommeil est la phase de sommeil léger. Notre corps et nos muscles se relâchent encore plus, tout comme notre rythme cardiaque, respiratoire qui continue à diminuer. A cette étape, les mouvements oculaires se sont arrêtés et notre température corporelle a commencé à chuter. Les ondes thêta restent dominantes mais sont interrompues par des pics d'activités cérébrales que l'on appelle fuseaux (spindles en Anglais) ou encore ondes sigma. Ces spindles qui joueraient un rôle clé dans la consolidation de la mémoire sont l'expression de l'approfondissement du sommeil. Ensuite, on distingue également lors de cette phase, des pics d'activité non-systématiques, encore plus intenses que ceux produits par les rythmes sigma, que l'on appelle complexes K. Même si leur rôle n'est pas totalement déterminé, ils paraissent comme être des éléments conduisant à l'approfondissement du sommeil.

Le troisième stade, le plus important, correspond à la phase de sommeil profond. C'est la période où le rythme cardiaque et respiratoire sont les plus bas. Des ondes lentes et de grande amplitude, appelé delta, qui peuvent commencer à apparaître lors du stade 2, occupent plus de 20% de l'activité cérébrale lors de la phase de sommeil profond. Cette étape est l'expression d'un sommeil qui répare et régénère notre corps.

A la suite de ce stade, de sommeil lent et profond, on relève une activité électroencéphalographique rapide qui est similaire à celle observée lors de l'état d'éveil. Il s'agit du sommeil paradoxal ou REM qui survient généralement 90min après l'endormissement. On observe alors des fréquences d'ondes cérébrales mixtes de faible amplitude : le rythme thêta est dominant par rapport aux rythmes alpha et beta. A cela s'ajoute, une abolition du tonus musculaire, des mouvements oculaires répétés et une irrégularité du rythme cardiaque et respiratoire qui se sont accélérés. Il faut savoir que c'est lors de cette période REM que nos rêves les plus intenses ont lieu.

Dans notre projet, afin d'évaluer la qualité de sommeil d'une personne nous allons porter notre attention sur la période non-REM qui est la plus déterminante selon nous en nous focalisant essentiellement sur les ondes alpha, beta, sigma et delta.

II – Conception du système flou

1 – Liste des variables d'entrée

1. Taux de magnésium
2. Intensité sonore
3. Taux de vitamine C
4. Temps de méditation
5. Taux d'alcool
6. Taux de nicotine
7. Taux de gras
8. Taux de glucides
9. Taux de fibres
10. Heure à laquelle le café est bu
11. Quantité de Café
12. Taux de vitamine E
13. Taux de Calcium
14. Heure à laquelle on est confronté à la lumière bleue
15. Taux de vitamine B6
16. Nombre de réveils nocturnes
17. Temps avant de s'endormir
18. Ronflement
19. Rythme cardiaque
20. Nombre d'apnées de plus de 10 secondes
21. Taux d'oxygène dans le sang

2 – Explication du choix des variables et des sous-systèmes

A– Sous-système n°1 : Ondes Alpha

Comme nous l'avons expliqué précédemment, les ondes alpha sont responsables de l'état de veille calme ainsi que de la relaxation ; elles sont donc indispensables pendant le premier stade de la période non-REM (*non rapid eye movement*). Pendant cette phase qui ne dure que quelques minutes, notre corps se relâche et s'apprête à commencer le deuxième stade du sommeil : la phase de sommeil léger. Durant celle-ci, les ondes alpha auront fortement diminué.

Il est donc logique pour un tel sous système de s'intéresser à deux substances qui agissent sur la relaxation du corps de manière significative : l'alcool et la nicotine. L'alcool a un caractère particulier puisqu'il permet aux patients de s'endormir rapidement mais cependant la qualité d'endormissement est faible. Pendant le premier stade de la période non-REM, un taux d'alcool important favorise le développement des ondes alpha et donc également la relaxation. Mais, pendant la phase de sommeil léger, phase qui correspond à l'installation du sommeil, on observe une augmentation anormale des ondes alpha ce qui signifie que le sommeil non-REM est finalement perturbé et explique les interruptions de sommeil fréquentes. C'est cette phase que nous prendrons en compte dans la suite de notre projet.

La variable **alcool** représentera la quantité d'alcool dans le sang en g/kg.

Concernant la nicotine, la plupart des fumeurs affirme que fumer leur permet de se détendre. En effet cette substance provoque les mêmes perturbations sur les ondes cérébrales que l'alcool et comme nous l'avons vu dans le paragraphe précédent, cela diminue la quantité et la qualité de sommeil globale.

La variable **nicotine** représente le nombre de cigarettes fumées par jour.

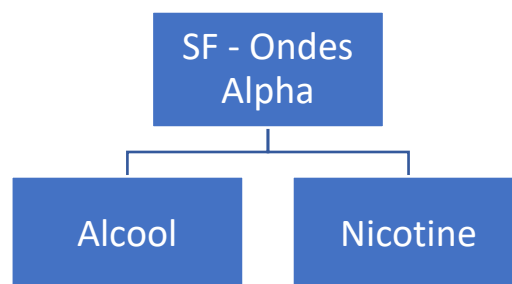


Figure 1 : SF - Ondes Alpha

B – Sous-système n°2 : Ondes Beta

Il est important de savoir que les ondes cérébrales beta sont majoritairement présentes en pleine journée, lors de l'état d'éveil. Ainsi, nous observons une activité électroencéphalographique très faible des rythmes beta lors des différentes phases de sommeil. Cependant, le stress peut augmenter de manière significative l'activité de ce type d'onde et par conséquent rendre difficile l'entrée de notre corps dans la phase de sommeil léger qui est le deuxième stade du sommeil non-REM. Le retardement de l'endormissement, et les éventuelles interruptions du sommeil seront responsables d'une qualité de sommeil amoindrie. En effet, la durée du stade de sommeil lent et profond ainsi que du sommeil paradoxal seront plus faible que la normale, le sommeil ne sera donc pas réparateur.

Pour évaluer le niveau de stress de la personne, nous avons mis en place un sous-système flou **Cortisol** qui est une hormone stéroïde qui sécrétée en excès peut être appelée hormone du stress. Ce système flou est constitué de trois variables qui ont un impact direct sur la sécrétion de cortisol.

La variable **intensité sonore** correspond à l'intensité sonore en décibel mesurée lorsque la personne commence à s'endormir. Le bruit environnant, si celui-ci est trop élevé, peut augmenter significativement la quantité de cortisol produite par le corps et indirectement l'activité des ondes beta.

La variable **vitamine C** correspond quant à elle à la dose journalière en milligramme prise par un adulte (homme ou femme). La vitamine C (acide ascorbique) outre ses effets antioxydants et ses effets sur le système immunitaire, des chercheurs allemands ont montré que cette vitamine prise en quantité suffisante permettait de réduire le taux de cortisol dans notre corps et indirectement de réduire les rythmes beta.

La variable **méditation** correspond à la durée en minute de cette discipline. Il n'est plus à prouver ses bienfaits sur notre corps. Avant de s'endormir, la pratique de la méditation va nous permettre de détendre notre corps, de le relâcher, et surtout d'éliminer tout stress, en d'autres termes de réduire la sécrétion de cortisol.

Le système flou **Cortisol** se combine avec la variable **magnésium** pour former le système flou **Ondes Beta**.

La variable **magnésium** correspond à la dose journalière en milligramme prise par un adulte (homme ou femme). Le magnésium est un sel minéral qui joue un rôle primordial dans la régulation du stress et de l'anxiété car il se lie aux récepteurs du GABA (acide gamma-aminobutyrique) qui est un neurotransmetteur qui diminue l'activité électroencéphalographique des ondes beta principalement.

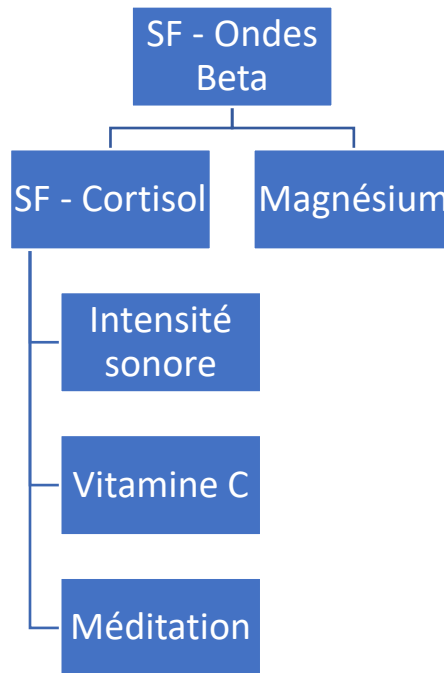


Figure 2 : SF - Ondes Beta

C – Sous-système n°3 : Ondes Sigma

Les ondes sigma consistent en une brusque augmentation de l'activité électroencéphalographique sur une période allant de 0,5 à 2 secondes. Elles sont responsables de la consolidation de la mémoire mais aussi de la préservation du sommeil. Elles sont surtout présentes durant la seconde partie de la nuit car elles agissent sur l'hippocampe de manière à préparer une nouvelle période d'apprentissage.

Pour évaluer la concentration des **ondes sigma**, nous avons mis en place un sous-système flou **mélatonine**. Cette hormone, qui est naturellement produite en cas d'obscurité, est aussi connue sous le nom "d'hormone du sommeil" et joue un rôle primordial pour le sommeil. Sa sécrétion atteint un pic entre 2 et 4 heures du matin, soit la période pendant laquelle les ondes sigma sont les plus actives afin de garantir un sommeil réparateur. Ce sous-système flou est donc constitué de 3 variables qui peuvent influencer sur le taux de mélatonine.

La variable **calcium** correspond au nombre de mmol/L de calcium par litre de sang chez un humain.

La variable **lumière bleue** correspond à l'heure à partir de laquelle on est confronté à un écran. La longueur d'onde de la lumière bleue (office d'intermédiaire) est de 509 nm. Il faut savoir que la mélatonine est très sensible à la lumière et c'est d'ailleurs pour cette raison qu'elle est sécrétée dans l'obscurité. La lumière produite par nos écrans va donc envoyer un mauvais signal à notre cerveau ce qui va empêcher la sécrétion de la mélatonine et donc cela va décaler le rythme de sommeil de manière considérable.

La variable **vitamine B6** correspond au nombre milligrammes de vitamine par jour. La vitamine B6 est bénéfique pour le corps et pour le sommeil puisqu'elle va convertir la tryptophane (un acide aminé) en sérotonine, qui est un neurotransmetteur permettant de réguler la quantité de mélatonine. Il a d'ailleurs été démontré par l'Université d'Adelaide (2018) que les personnes qui prennent un supplément de vitamine B6 possèdent un sommeil de meilleure qualité.

Ensuite, le système flou **mélatonine** se combine avec la **vitamine E** pour former le système flou **Ondes Sigma**.

La variable **vitamine E** correspond aux apports journaliers (UI) de vitamine afin de garantir le bon fonctionnement du corps humain. La vitamine E est un antioxydant puissant et possède des effets neuroprotecteurs. Le manque de sommeil induit des problèmes de consolidation de la mémoire, et la consommation de vitamine E permet justement d'empêcher cela grâce à son rôle d'antioxydant sur l'hippocampus.

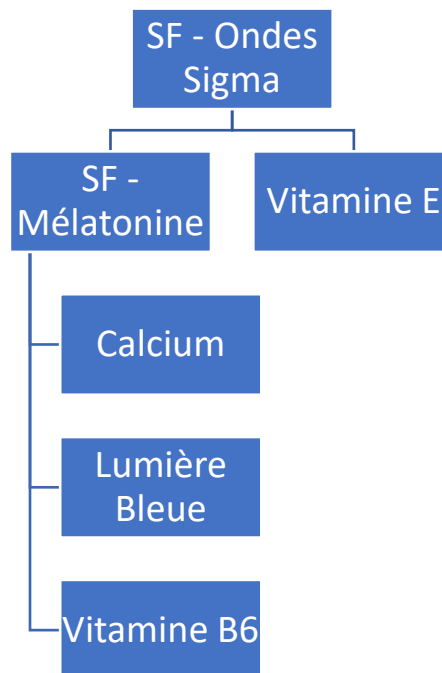


Figure 3 : SF - Ondes Sigma

D – Sous-système n°4 : Ondes Delta

Comme évoqué en introduction, les ondes cérébrales delta se déclenchent principalement durant la phase de sommeil profond de la période non-REM. Ce type d'onde est directement lié à un sommeil réparateur. Plus l'activité électroencéphalographique des rythmes delta est élevée plus le sommeil sera de qualité.

Nous avons constaté que la quantité d'adénosine (neuromodulateur hypothétique de l'éveil-sommeil) dans notre cerveau et la qualité de la nourriture ingérée avant d'aller dormir jouent un rôle important dans l'activité des ondes delta.

C'est pour cela que nous avons décidé de combiner le système flou **adénosine** avec le système flou **qualité de la nourriture** pour former le système flou **ondes delta**.

Dans un premier, faisons un zoom sur le sous-système **adénosine**. Il faut savoir qu'il a été prouvé qu'une concentration suffisante d'adénosine dans le cerveau permet d'augmenter la somnolence et surtout l'activité des ondes delta durant la phase de sommeil profond.

Le sous-système en question sera composé des variables suivantes : **café quantité** et **café heure**.

La variable **café quantité** représente le nombre de tasses de café de 52 ml contenant 100 mg de caféine.

La variable **café heure** représente le nombre d'heures séparant la prise d'une certaine quantité de café et le moment d'aller dormir.

Nous nous sommes intéressés au café car la caféine présente la capacité de traverser la barrière hémato-encéphalique qui sépare la circulation sanguine du cerveau du reste du corps. La molécule de caféine ayant une structure similaire à la molécule d'adénosine, une fois dans le cerveau, celle-ci peut se fixer, sans les activer, sur les récepteurs à adénosine qui se trouvent à la surface des cellules. On peut dire que la caféine est un antagoniste des récepteurs à adénosine ou qu'elle est un inhibiteur compétitif car elle bloque la réaction normalement catalysée par l'enzyme AMPc-Phosphodiesterase. Il se produit alors une augmentation du taux de dopamine ce qui est responsable d'une faible activité des ondes cérébrales delta et donc d'un sommeil non réparateur.

L'autre sous-système flou qui, associé au système **adénosine**, forme le système flou **ondes beta** est **qualité de la nourriture**. Ce système se compose des trois variables suivantes : **glucide**, **gras** et **fibre**.

La variable **glucide** représente la dose journalière de glucide en gramme. Il a été démontré qu'une dose très importante de glucide dans le sang était associée à une qualité de sommeil amoindri. En effet, durant la phase de sommeil lent, l'expression ainsi que la durée d'activité des ondes delta est bien plus faible que la normale.

La variable **gras** représente la dose journalière de gras en gramme. A l'inverse pour des personnes en bonne santé, une prise supplémentaire de gras va quant à elle aider leur corps à produire plus d'ondes delta et à allonger leur durée d'activité durant la phase de sommeil lent et profond.

Remarque : la durée d'activité des ondes delta moyenne pour une personne qui a pour diète "forte quantité de glucide et faible quantité de gras" est de seulement 97 minutes alors que celle qui a suivi la diète "faible quantité de glucide et forte quantité de gras" est de 117 minutes et enfin celle de la personne témoin est d'environ 110 minutes.

La variable **fibre** représente la dose journalière de fibre en gramme. Tout comme le gras, les fibres vont permettre d'allonger la durée du sommeil lent et profond et donc ainsi d'augmenter la durée de l'activité des rythmes delta ce qui caractérise un sommeil de bonne qualité et surtout réparateur.

A noter que pour la fabrication de nos classes nous avons décidé de séparer le cas des hommes et des femmes étant donné que les valeurs de nos variables dépendent toutes de l'apport calorique de l'adulte. L'apport calorique conseillé d'un homme adulte est plus élevé que celui d'une femme (environ 2500 calories pour l'homme contre 2000 calories pour la femme).

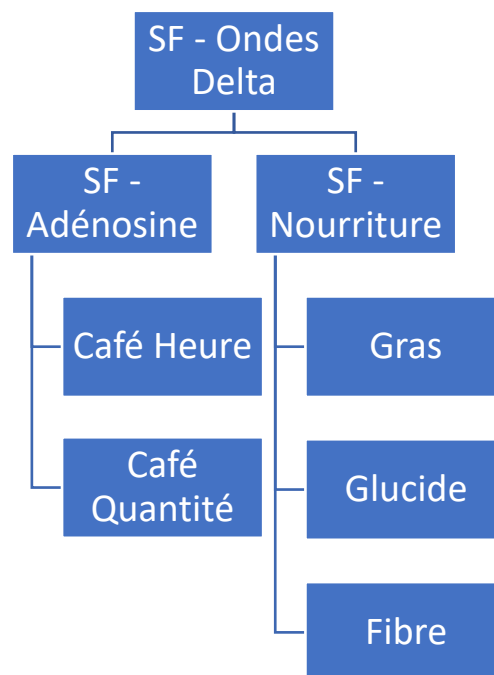


Figure 4 : Ondes Delta

E – Sous-système n°5 : Apnée du sommeil

En plus de l'évaluation de la qualité de sommeil, nous avons également voulu diagnostiquer deux maladies du sommeil : l'apnée et l'insomnie.

Comme nous l'avons précédemment expliqué, un patient est atteint d'apnée du sommeil lorsqu'il subit plusieurs interruptions respiratoires de minimum 10 secondes. Nous avons défini un système flou **apnée du sommeil** constitué de trois variables.

La variable **rythme cardiaque** correspond aux nombres de battements par minute lorsque le patient dort. Il faut savoir que l'apnée du sommeil se traduit souvent par une baisse importante du rythme cardiaque car le cerveau se retrouve privé d'oxygène pour son bon fonctionnement. Plus le rythme cardiaque est bas, plus le patient souffre potentiellement de cette maladie.

La variable **nombre d'apnées par heure de plus de 10 secondes** renvoie tout simplement à la définition de la maladie. En effet, la période d'apnée doit être supérieure à 10 secondes et plus y aura d'interruptions, plus le patient sera susceptible d'être considéré comme un apnéique du sommeil.

Enfin, la variable **taux d'oxygène dans le sang** (SpO2) correspond au pourcentage du taux de saturation d'oxygène dans le sang. Il s'agit du pourcentage entre la quantité d'hémoglobine oxygénée et la quantité d'hémoglobine dans le sang. Si par exemple le patient possède un pourcentage de 97 % cela signifie que chaque globule rouge est composé de 97 % d'hémoglobine oxygénée et de 3 % d'hémoglobine non-oxygénée. Les valeurs normales de SpO2 sont situées entre 95 et 100 % et si jamais le patient le SpO2 d'un patient est inférieur à 95 % cela signifie qu'il souffre d'une mauvaise oxygénation, aussi appelée hypoxie.

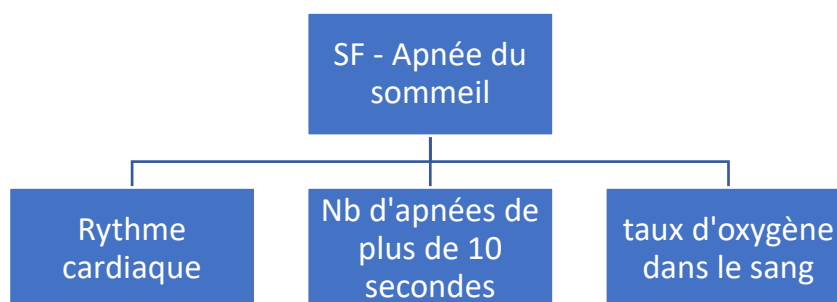


Figure 5 : SF - Apnée du sommeil

F – Sous-système n°6 : Insomnie

Comme nous l'avons vu précédemment, l'insomnie est une maladie du sommeil très répandue qui consiste à réduire la quantité et la qualité de sommeil. Le système flou **insomnie** est donc composé des trois variables suivantes :

Nous sommes donc logiquement intéressés à la variable **nombre de réveils nocturnes**. Plus le patient se réveillera au cours de la nuit, plus il sera susceptible de souffrir d'insomnie.

La variable **temps avant de s'endormir** est aussi importante car on considère qu'un patient est atteint d'insomnie lorsqu'il met plus de 20 minutes pour s'endormir.

Et enfin, la variable **ronflement** est mesurée en décibels et correspond au bruit de la respiration pendant le sommeil. Plus le volume sonore sera élevé, plus il est probable que le patient soit insomniaque.

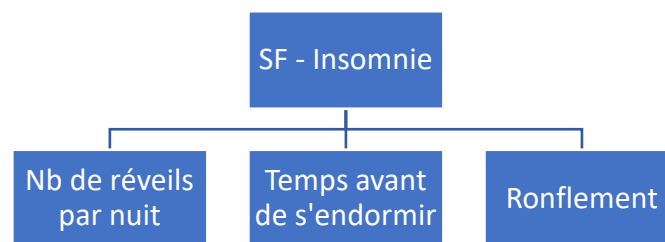


Figure 6 : SF - Insomnie

G – Sous-système n°7 : Qualité endormissement

Maintenant que nous avons défini les sous-systèmes flous **ondes alpha** et **ondes beta** nous pouvons expliciter le système flou **Q_Endormissement** qui regroupe les deux sous-systèmes précédemment cités.

En effet, la sortie du sous-système **ondes alpha** nous indique si l'activité des ondes alpha est élevée, moyenne ou faible en fonction du taux d'alcool et du taux de nicotine du patient. Comme nous l'avons précédemment souligné, nous nous intéressons à la phase de sommeil léger, en d'autres termes, plus la quantité d'ondes alpha est importante plus la qualité d'endormissement du sommeil est faible.

Le second sous-système flou **ondes beta** donnera également en sortie l'activité d'ondes beta en fonction du taux de cortisol et de magnésium dans le sang du patient. Les ondes beta sont liées au stress car plus un patient est stressé, plus l'activité d'ondes beta sera importante. Les ondes beta sont donc nocives pour la phase d'endormissement : plus l'activité de ces ondes sera faible, plus la qualité d'endormissement sera meilleure.

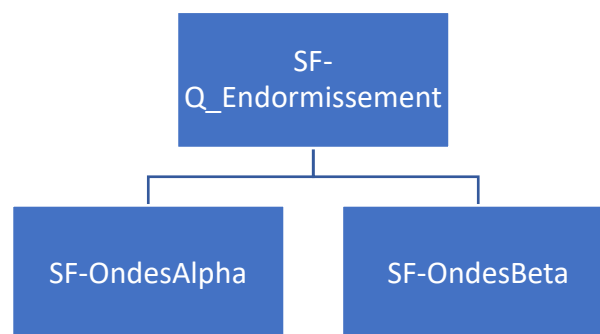


Figure 7 : SF - Qualité Endormissement

H – Sous-système n°8 : Qualité Sommeil

Le système flou **Q_Endormissement** étant défini tout comme les sous-systèmes **ondes sigma** et **ondes delta**, nous pouvons maintenant expliciter l'un des 3 systèmes principaux : le système **Q_Sommeil**.

Ce système est composé du sous-système flou **ondes sigma** qui nous indiquera l'activité des ondes sigma à travers le taux de mélatonine et de vitamine E du patient. Comme nous l'avons précisé lors de la définition du sous-système, les ondes sigma sont indispensables pendant la deuxième partie de la nuit puisqu'elles sont responsables de la consolidation de la mémoire : elles permettent donc au patient d'avoir un sommeil réparateur. Dès lors, plus l'activité des ondes sigma sera importante plus la qualité de sommeil sera meilleure.

Le second sous-système **ondes delta** va nous permettre, comme le système **ondes sigma**, de connaître l'activité des ondes delta. Ces ondes se déclenchent pendant la phase de sommeil profond de la période non-REM; elles sont donc bénéfiques puisqu'elles favorisent le développement d'un sommeil profond et réparateur. Ainsi, plus l'activité des ondes delta sera élevée, plus la qualité de sommeil sera élevée.

Enfin, le dernier sous système flou utilisé est **Q_Endormissement**. Comme son nom l'indique, il permet d'évaluer la qualité de la première partie de la nuit, autrement dit l'endormissement d'un individu. Dès lors, plus le patient s'endormira facilement, plus la qualité de sommeil sera importante.

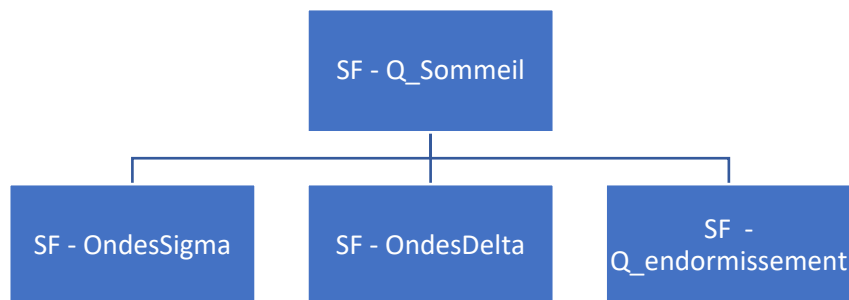


Figure 8 : SF - Qualité Sommeil

I – Système flou : Conseils

Etant donné que nous venons de définir le sous-système flou **Q_Sommeil**, nous pouvons maintenant avoir notre système flou complet qui regroupe les sous-systèmes **apnée** et **insomnie** ainsi que **Q_Sommeil**.

Le sous-système **apnée** nous permettra de savoir si le patient est apnéique avec un certain degré d'importance (faible, moyen ou élevé). Le sous-système **insomnie** nous indiquera aussi s'il est insomniaque et à quel degré. Enfin, le sous-système **Q_Sommeil** nous donnera un score sur la qualité de sommeil de l'individu. La corrélation de ces trois données nous permet donc de prodiguer par la suite au patient des conseils personnalisés de consultation de médecins spécialisés afin qu'il puisse améliorer sa qualité de sommeil de manière la plus efficace possible.

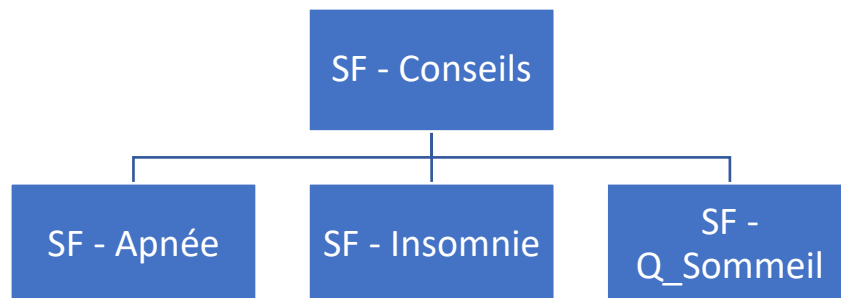


Figure 9 : SF - Conseils

III – Implémentation avec MATLAB

A noter, que nous avons fait le choix d'utiliser pour notre modèle flou l'algorithme Zalila classification qui s'avère être intéressant pour le problème que nous avons posé. Ensuite, nous avons décidé d'utiliser uniquement l'opérateur MIN ($a \text{ MIN } b = \min(a, b)$) qui est l'opérateur le plus optimiste, le plus permissive des T-normes. On ne recherche donc pas dans notre projet à réduire l'impact qu'aura une inférence sur la sortie finale. C'est pour cette raison que nous n'avons pas utilisé une autre T-norme comme par exemple la T-norme probabiliste qui est plus contraignante que le min.

1 – Création des sous-systèmes

A – Sous-système n°1 : Ondes Alpha

Nombre de cigarettes par jour	
[0 0 1 4]	Faible
[1 4 5 9]	Moyen
[5 9 14 14]	Elevé

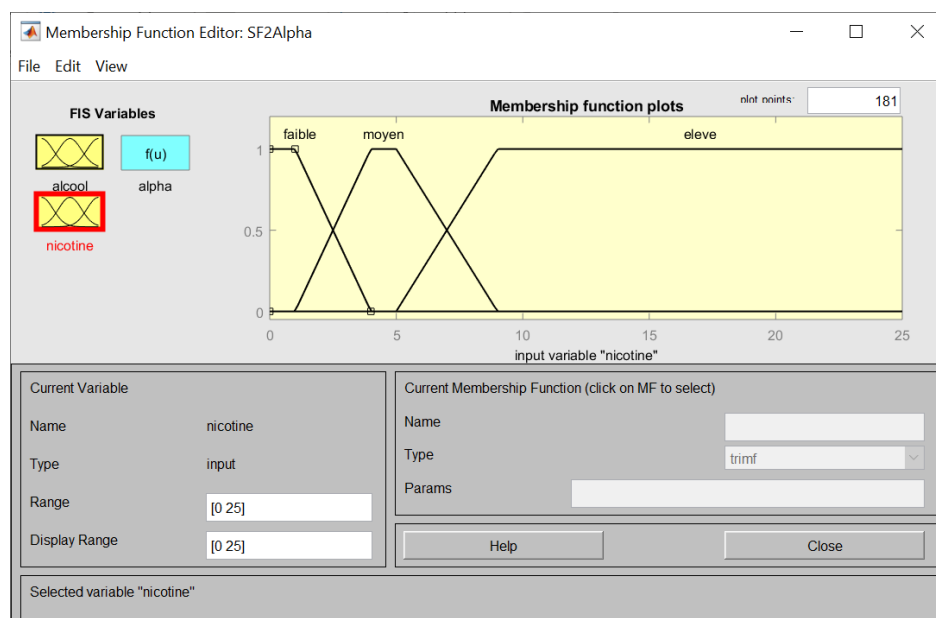


Figure 10 : Classes Nicotine

Taux d'alcool (g d'alcool/kg)	
[0 0 0.5 0.10]	Faible
[0.05 0.10 0.32 0.64]	Moyen
[0.32 0.64 1 1]	Elevé

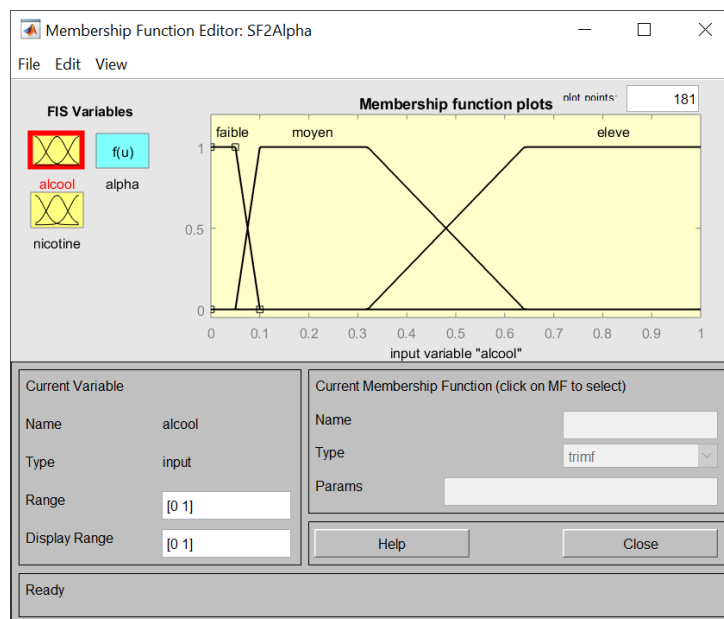


Figure 11 : Classes Alcool

Règles du système Ondes Alpha :

Alcool \ Nicotine	Faible	Moyen	Elevé
Faible	Faible	Moyen	Elevé
Moyen	Moyen	Elevé	Elevé
Elevé	Elevé	Elevé	Elevé

Les conclusions possibles des règles du système Ondes_Alpha sont :

Faible, Moyen, Elevé

B – Sous-système n°2 : Ondes Beta

Sous-système Cortisol :

Intensité sonore (en dB)	
[0 0 15 30]	Faible
[15 30 40 55]	Moyen
[40 55 infini infini]	Elevé

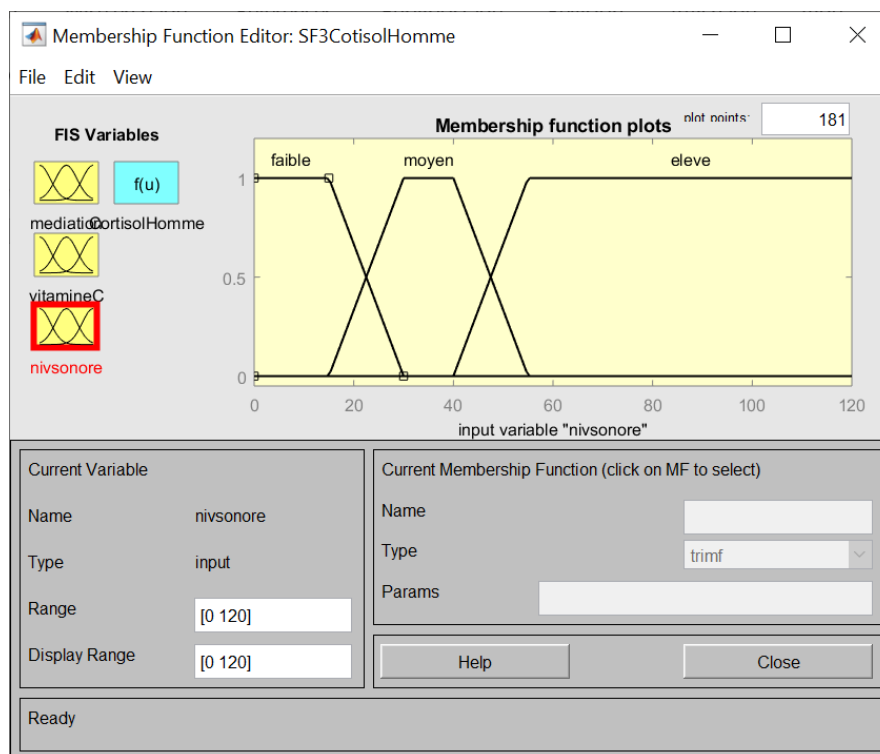


Figure 12 : Classes Niveau Sonore

Taux Vitamine C Femme (mg/L)	
[5 5 20 50]	Faible
[20 50 100 1500]	Moyen
[100 1500 infini infini]	Elevé

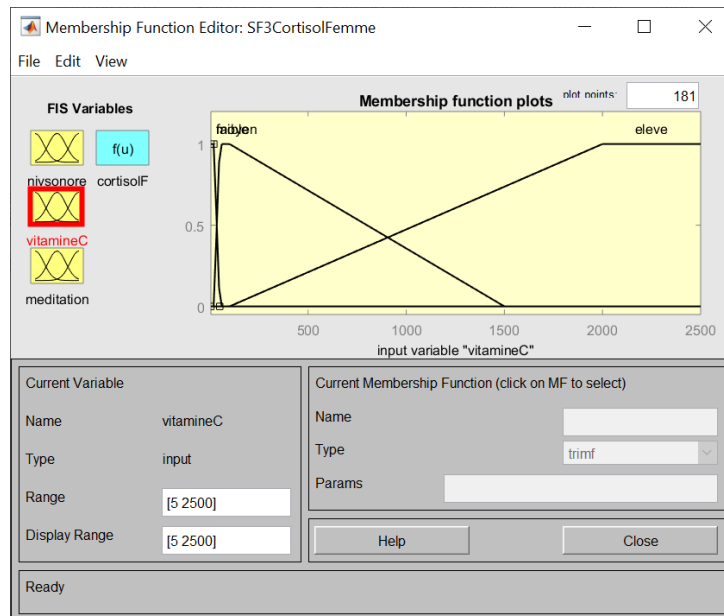


Figure 13 : Classes Vitamine C Femme

Taux Vitamine C Homme (mg/L)	
[5 5 40 70]	Faible
[40 70 110 2000]	Moyen
[110 1500 infini infini]	Elevé

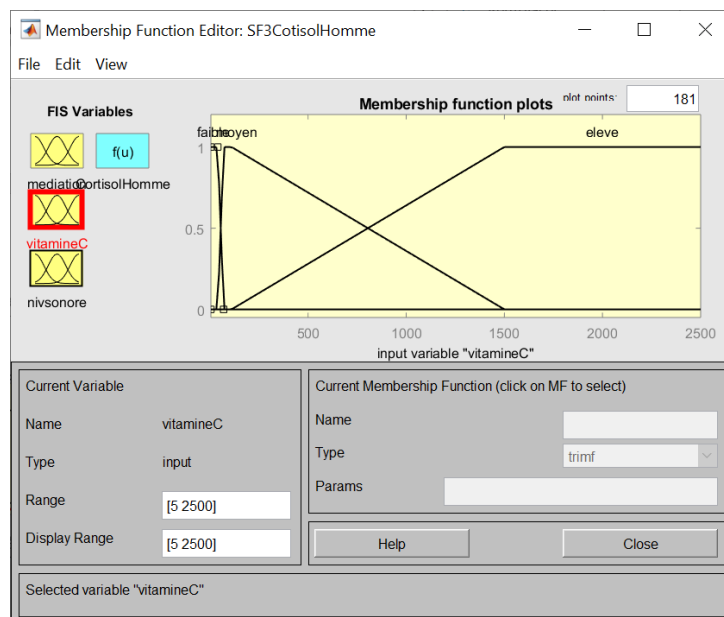


Figure 14 : Classes Vitamine C Homme

Médiation (en minutes)	
[0 0 2 5]	Faible
[2 5 10 15]	Moyen
[10 15 infini infini]	Elevée

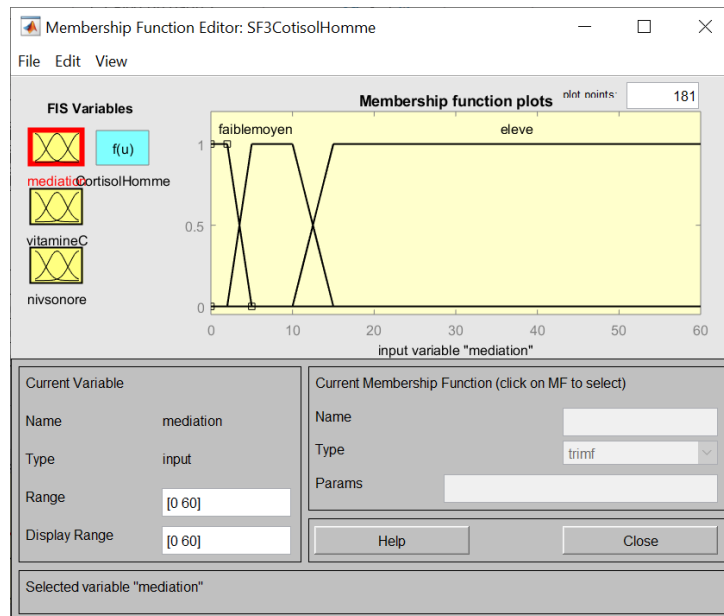


Figure 15 : Classes Méditation

Règles Cortisol :

Méditation Faible

Intensité sonore \ Vitamine C	Faible	Moyen	Elevé
Faible	Elevé	Elevé	Elevé
Moyen	Faible	Moyen	Elevé
Elevé	Faible	Faible	Elevé

Méditation Moyen

Intensité sonore \ Vitamine C	Faible	Moyen	Elevé
Faible	Moyen	Elevé	Elevé
Moyen	Faible	Moyen	Elevé
Elevé	Faible	Faible	Elevé

Méditation Elevé

Intensité sonore \ Vitamine C	Faible	Moyen	Elevé
Faible	Faible	Moyen	Elevé
Moyen	Faible	Faible	Elevé
Elevé	Faible	Faible	Elevé

Les conclusions possibles des règles du système Cortisol sont :

Faible, Moyen, Elevé

Sous-système Ondes Beta :

Taux Magnésium Homme (mg/jour)	
[100 100 200 300]	Faible
[200 300 520 2500]	Moyen
[520 2500 infini infini]	Elevé

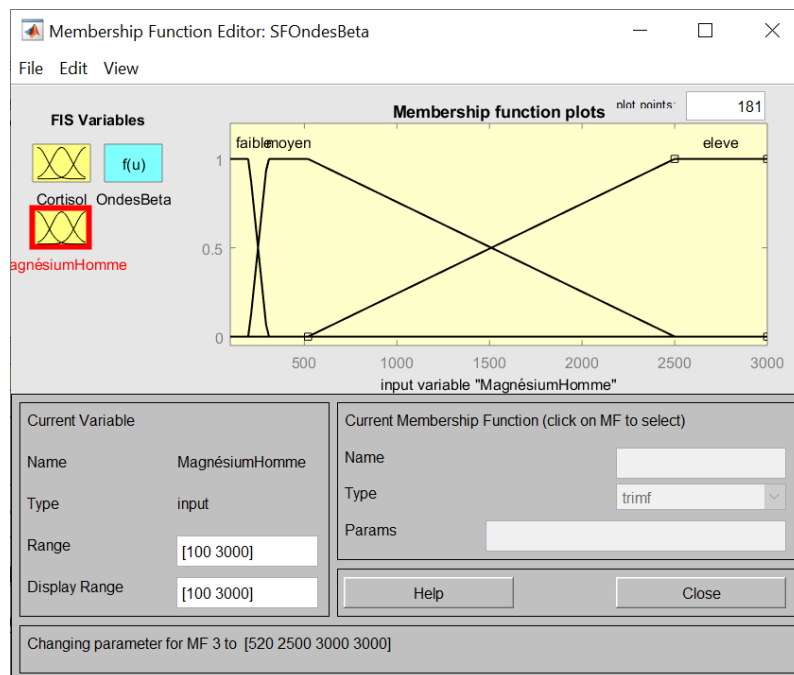


Figure 16 : Classes Magnésium Homme

Taux Magnésium Femme (mg/jour)	
[100 100 200 250]	Faible
[200 250 370 2500]	Moyen
[370 2500 infini infini]	Elevé

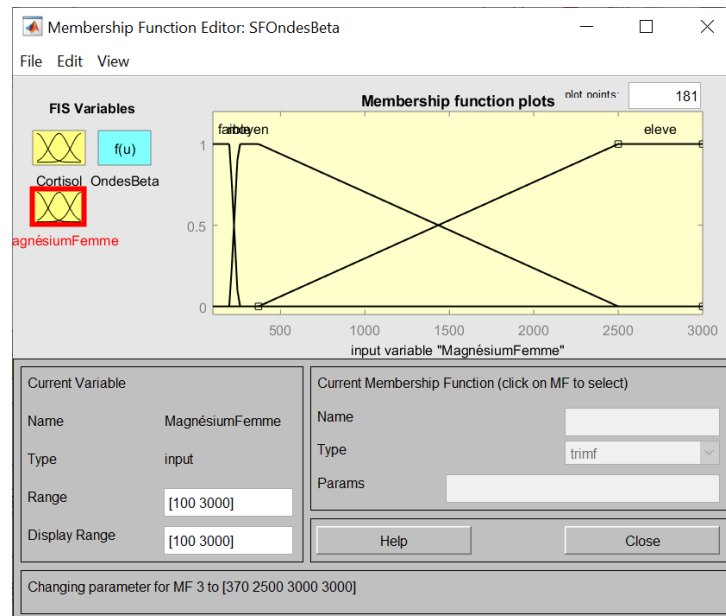


Figure 17 : Classes Magnésium Femme

Règles Ondes Beta :

<div> <div></div> <div>Cortisol</div> <div>Magnésium</div> </div>	Faible	Moyen	Elevé
Faible	Moyen	Elevé	Elevé
Moyen	Faible	Moyen	Elevé
Elevé	Faible	Faible	Moyen

Les conclusions possibles des règles du système Ondes_Beta sont :

Faible, Moyen, Elevé

C – Sous-système n°3 : Ondes Sigma

Sous-système Mélatonine :

Taux de Calcium (mmol de calcium/L)	
[0 0 1.8 2]	Faible
[18 2.2 2.6 2.7]	Moyen
[2.7 2.9 3 3]	Elevé

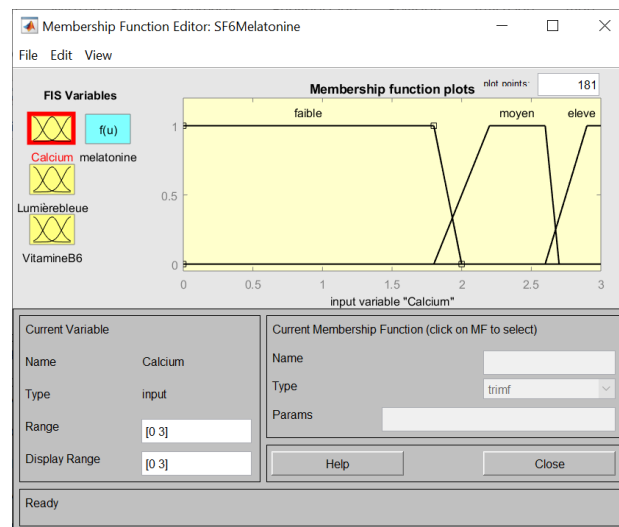


Figure 18 : Classes Calcium

Heure à laquelle on est confronté à la lumière bleue	
[0 0 1 2]	Moyen
[1 2 4 6]	Élevé
[4 6 22 23]	Faible
[22 23 24 24]	Moyen

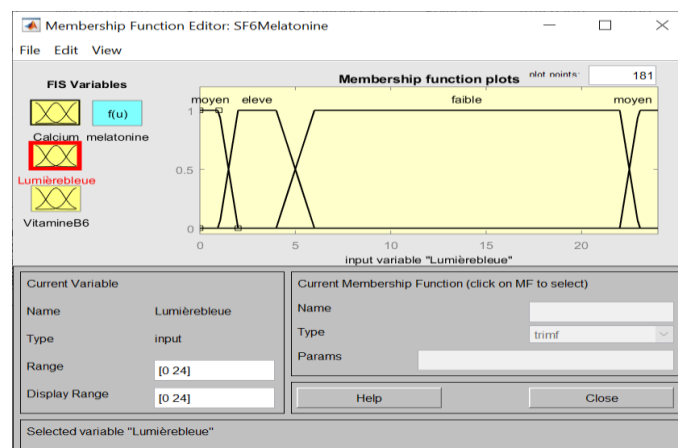


Figure 19 : Classes Lumière Bleue

Taux de vitamine B6 (en mg)	
[0 0 1 1.5]	Faible
[1 1.5 1.8 2.4]	Moyen
[1.8 2.4 100 207]	Élevé

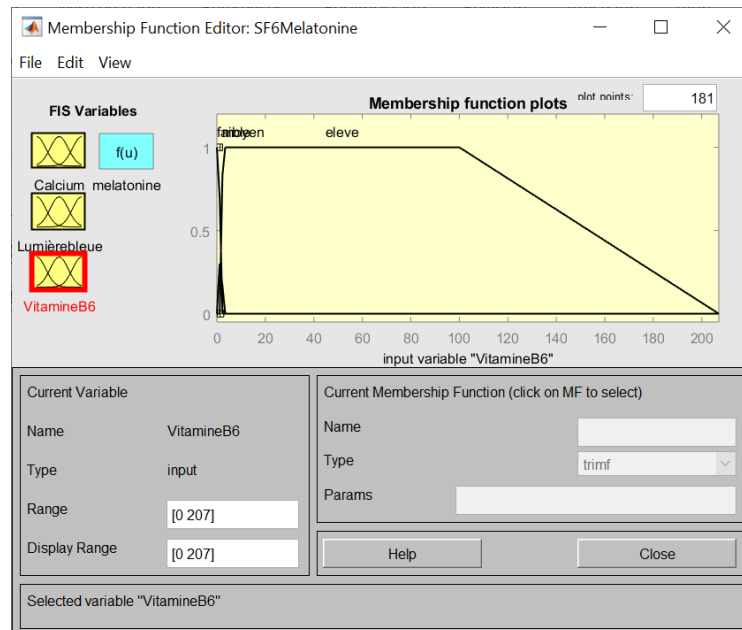


Figure 20 : Classes Vitamine B6

Règles Mélatonine :

Calcium faible :

<div> <div>Lumière bleue</div> <div>Vitamine B6</div> </div>	Faible	Moyen	Elevé
Faible	Faible	Faible	Faible
Moyen	Moyen	Faible	Faible
Elevé	Moyen	Faible	Faible

Calcium moyen :

<div> <div>Lumière bleue</div> <div>Vitamine B6</div> </div>	Faible	Moyen	Elevé
Faible	Moyen	Faible	Faible
Moyen	Elevé	Faible	Faible
Elevé	Elevé	Moyen	Faible

Calcium Elevé :

<div>Lumière bleue</div> <div>Vitamine B6</div>	Faible	Moyen	Elevé
Faible	Elevé	Moyen	Faible
Moyen	Elevé	Elevé	Moyen
Elevé	Elevé	Elevé	Moyen

Les conclusions possibles des règles du système Mélatonine sont :

Faible, Moyen, Elevé

Sous-système Ondes Sigma :

Apport Journalier Vitamine E (UI)	
[0 0 10 15]	Faible
[10 15 35 40]	Moyen
[35 40 200 400]	Elevé

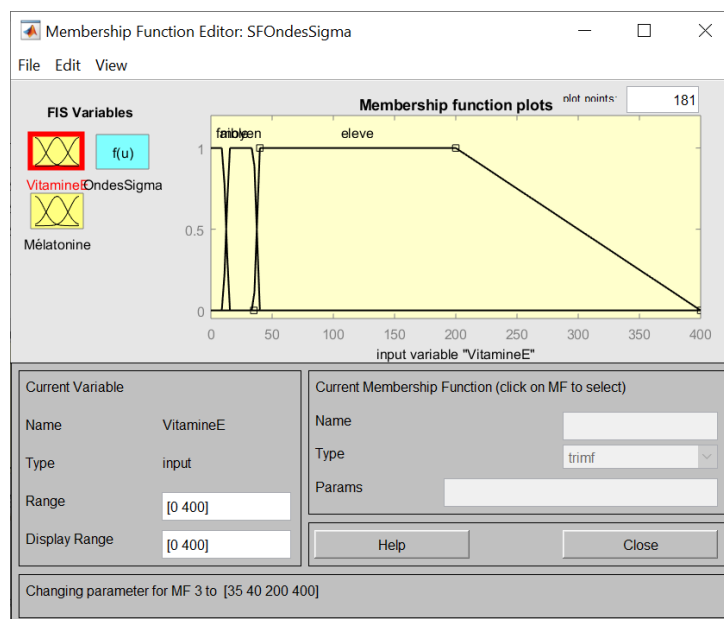


Figure 21 : Classes Vitamine E

Règle Ondes Sigma :

<div>Mélatonine</div> <div>Vitamine E</div>	Faible	Moyen	Elevé
Faible	Faible	Faible	Moyen
Moyen	Faible	Moyen	Elevé
Elevé	Faible	Elevé	Elevé

Les conclusions possibles des règles du système Ondes_Sigma sont :

Faible, Moyen, Elevé

D – Sous-système n°4 : Ondes Delta

Sous-système Adénosine :

Temps en heures de la prise de café avant d'aller dormir	
[0 0 3 6]	Faible
[3 6 12 16]	Moyen
[12 16 20 20]	Elevé

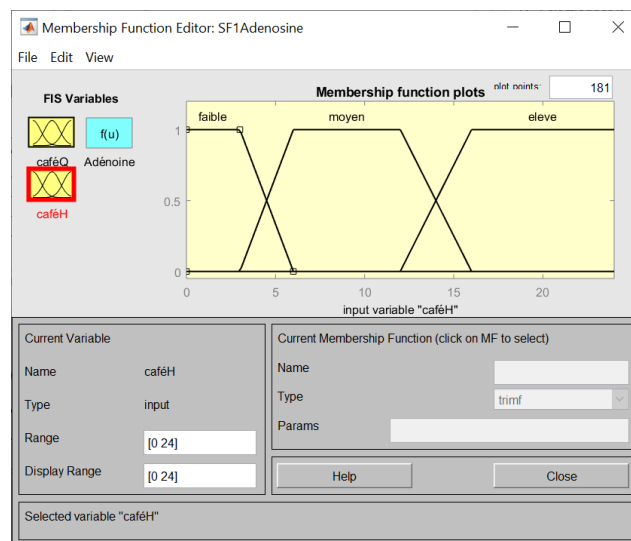


Figure 22 : Classes Café Heure

Nombre de tasse de café de 52 mL	
[1 1 1 2]	Faible
[1 2 3 4]	Moyen
[3 4 5 5]	Elevé

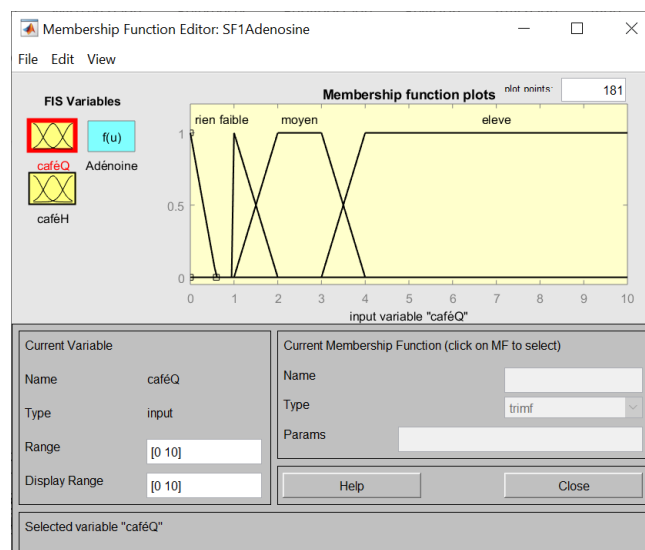


Figure 23 : Classes Café Quantité

Règles Adénosine :

Café Quantité \ Café Heure	Faible	Moyen	Elevé
Rien	Elevé	Elevé	Elevé
Faible	Moyen	Elevé	Elevé
Moyen	Faible	Moyen	Elevé
Elevé	Faible	Faible	Moyen

Les conclusions possibles des règles du système Adénosine sont :

Faible, Moyen, Elevé

Sous-système Nourriture :

Nombre de Grammes de gras Homme	
[33 33 50 70]	Faible
[50 70 140 225]	Moyen
[140 225 infini infini]	Elevé

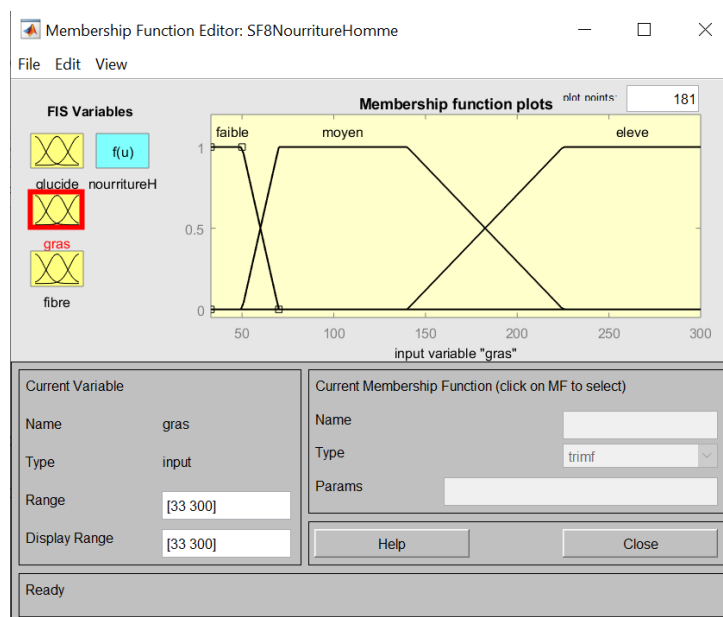


Figure 24 : Classes Gras Homme

Nombre de Grammes de gras Femme	
[33 33 40 50]	Faible
[40 50 90 170]	Moyen
[90 170 infini infini]	Elevé

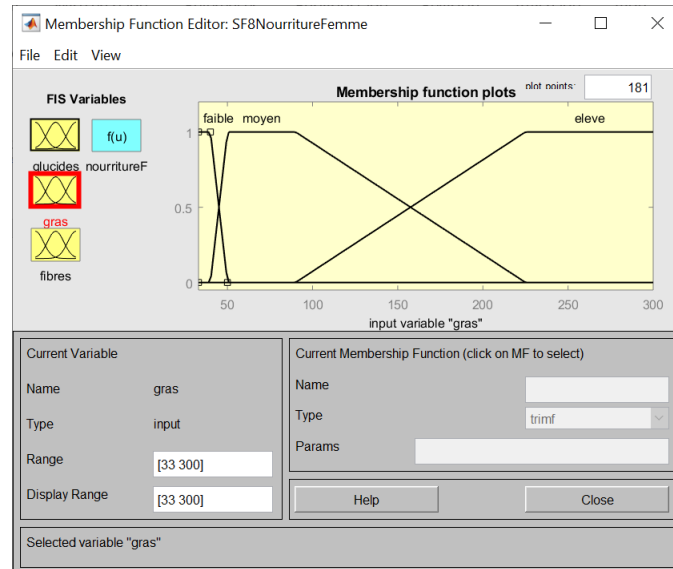


Figure 25 : Classe Gras Femme

Nombre de Grammes de glucides Homme	
[50 50 150 200]	Faible
[150 200 500 600]	Moyen
[500 600 infini infini]	Elevé

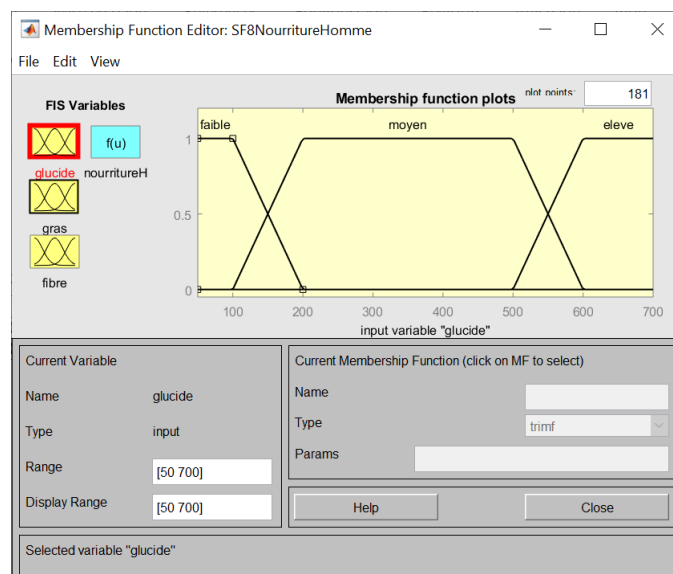


Figure 26 : Classes Glucides Homme

Nombre de Grammes de glucides Femme	
[50 50 100 150]	Faible
[100 150 350 450]	Moyen
[350 450 infini infini]	Elevé

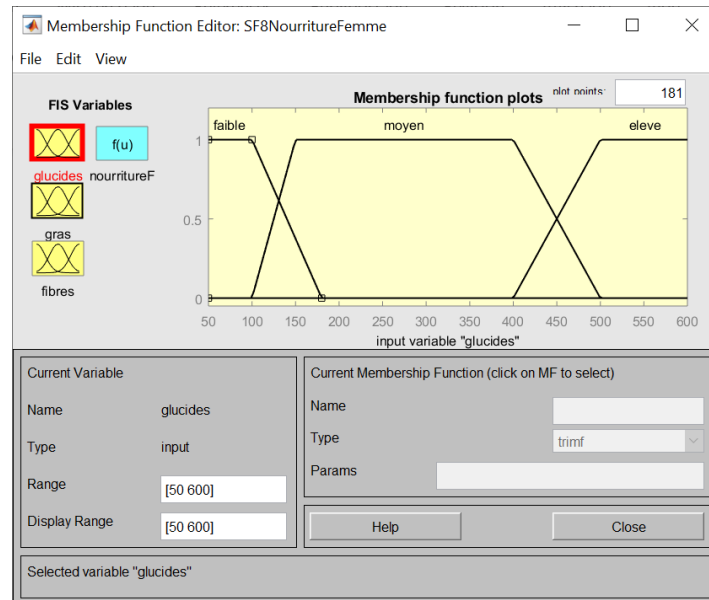


Figure 27 : Classes Glucides Femme

Nombre de Grammes de Fibres Homme	
[5 5 15 30]	Faible
[15 30 40 70]	Moyen
[40 70 infini infini]	Elevé

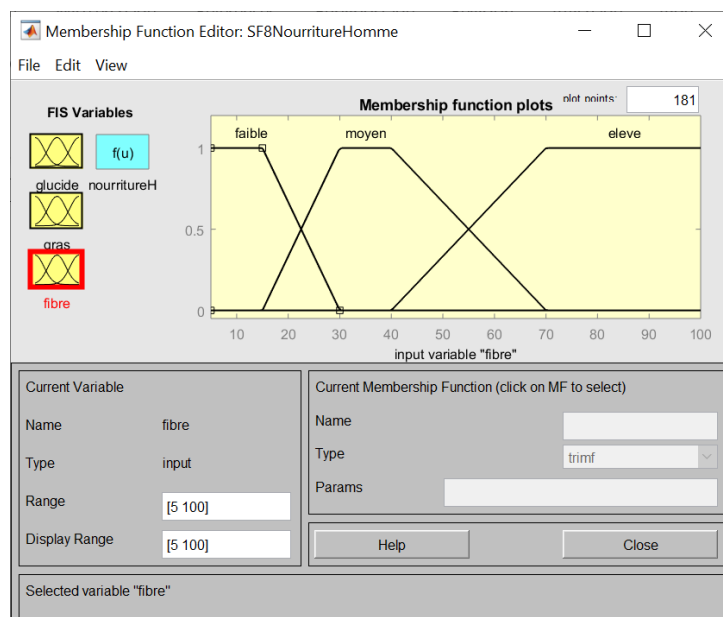


Figure 28 : Classes Fibres Homme

Nombre de Grammes de Fibres Femme	
[5 5 10 20]	Faible
[10 20 25 50]	Moyen
[25 50 infini infini]	Elevé

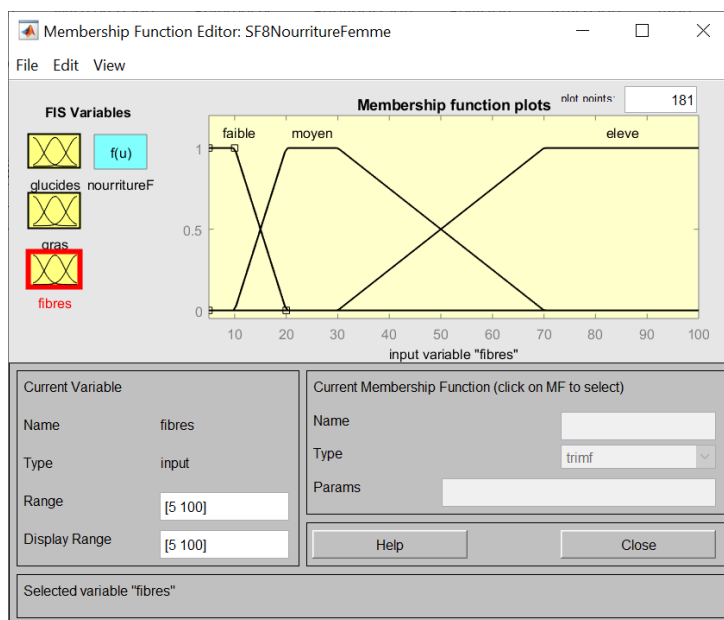


Figure 29 : Classes Fibres Femme

Règles Nourriture :

Fibre faible :

Gras \ Glucides	Faible	Moyen	Elevé
Faible	Faible	Moyenne	Elevée
Moyen	Faible	Faible	Moyenne
Elevé	Faible	Faible	Faible

Fibre moyenne :

Gras \ Glucides	Faible	Moyen	Elevé
Faible	Faible	Elevée	Elevée
Moyen	Faible	Moyenne	Elevée
Elevé	Faible	Faible	Faible

Fibre élevée :

Gras \ Glucides	Faible	Moyen	Elevé
Faible	Moyenne	Elevée	Elevée
Moyen	Faible	Elevée	Elevée
Elevé	Faible	Faible	Faible

Les conclusions possibles des règles du système Nourriture sont :

Faible, Moyen, Elevé

Règles Ondes Delta :

Adénosine \ Nourriture	Faible	Moyen	Elevé
Faible	Faible	Faible	Moyen
Moyen	Faible	Moyen	Elevé
Elevé	Faible	Elevé	Elevé

Les conclusions possibles des règles du système Ondes_Delta sont :

Faible, Moyen, Elevé

E – Sous-système n°6 : Apnée du sommeil

Nombre de battements par minute	
[10 10 15 20]	Faible
[20 40 80 90]	Moyen
[90 100 130 173]	Elevé

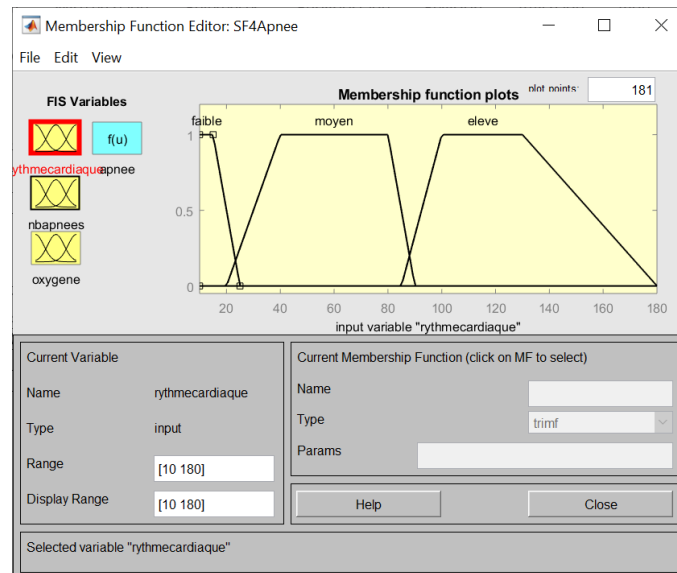


Figure 30 : Classes Rythme Cardiaque

Nombre d'apnées par heure de plus de 10 secondes	
[0 0 5 15]	Faible
[5 15 16 30]	Moyen
[16 30 infini infini]	Elevé

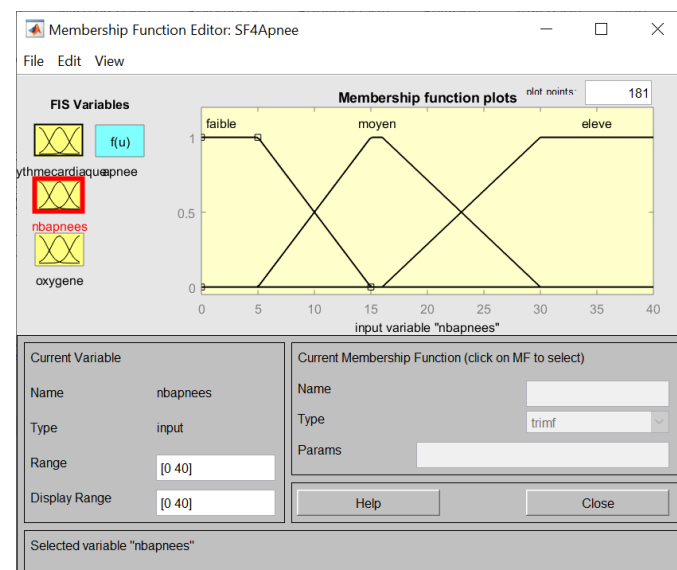


Figure 31 : Classes Nombres Apnées

Taux d'oxygène dans le sang (%)	
[70 70 77.8 83.8]	Faible
[77.8 83.8 88 91.5]	Moyen
[88 91.5 100 100]	Elevé

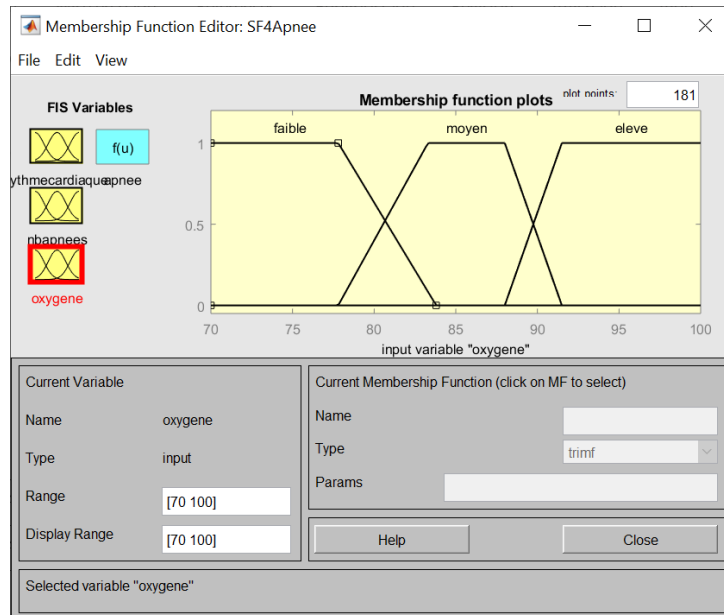


Figure 32 : Classes Taux Oxygène

Règles Apnée du Sommeil :

Rythme cardiaque faible :

Nb apnées \ Oxygène	Faible	Moyen	Elevé
Faible	Moyen	Elevé	Elevé
Moyen	Faible	Moyen	Elevé
Elevé	Faible	Faible	Elevé

Rythme cardiaque moyen :

Nb apnées \ Oxygène	Faible	Moyen	Elevé
Faible	Moyen	Elevé	Elevé
Moyen	Faible	Moyen	Moyen
Elevé	Faible	Moyen	Moyen

Rythme cardiaque élevé :

Oxygène \ Nb apnées			
	Faible	Moyen	Elevé
Faible	Faible	Moyen	Elevé
Moyen	Faible	Faible	Moyen
Elevé	Faible	Faible	Faible

Les conclusions possibles des règles du système Apnée sont :

Faible, Moyen, Elevé

F – Sous-système n°6 : Insomnie

Nombre de réveils par nuit	
[0 0 1 2]	Faible
[2 3 4 5]	Moyen
[4 5 8 10]	Elevé

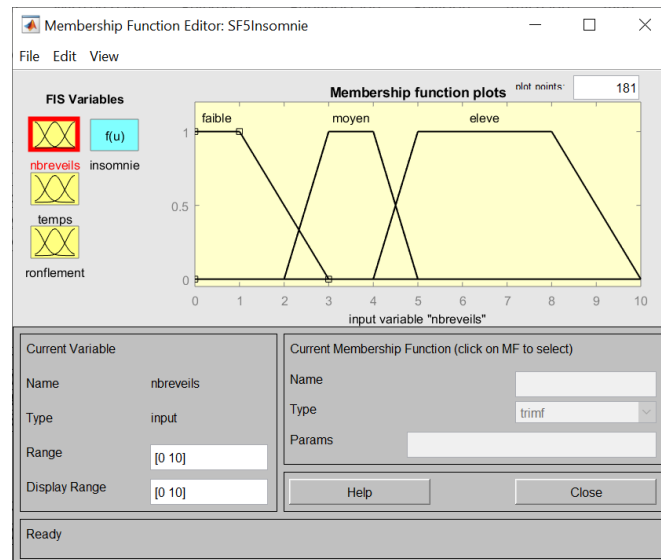


Figure 33 : Classes Nombre de Réveils

Temps avant de s'endormir	
[0 0 5 10]	Faible
[5 10 20 30]	Moyen
[20 30 40 40]	Elevé

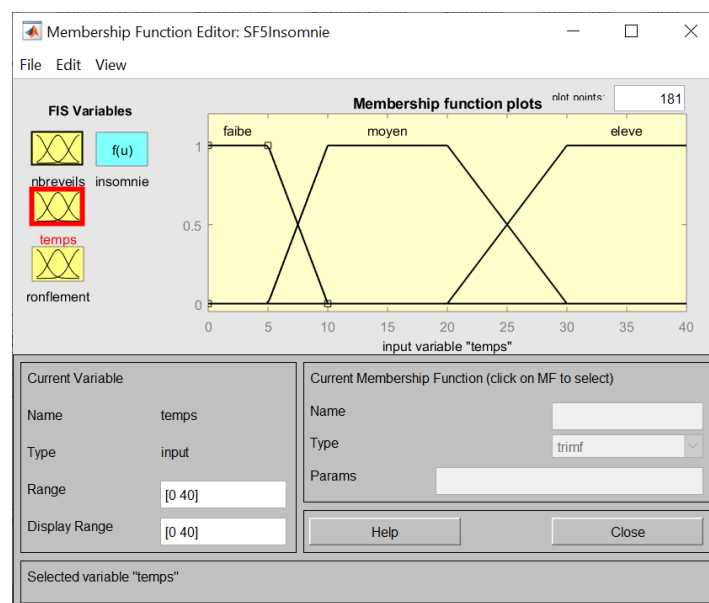


Figure 34 : Classes Temps avant de dormir

Ronflement (db)	
[0 0 15 30]	Faible
[30 45 60 70]	Moyen
[70 80 95 100]	Elevé

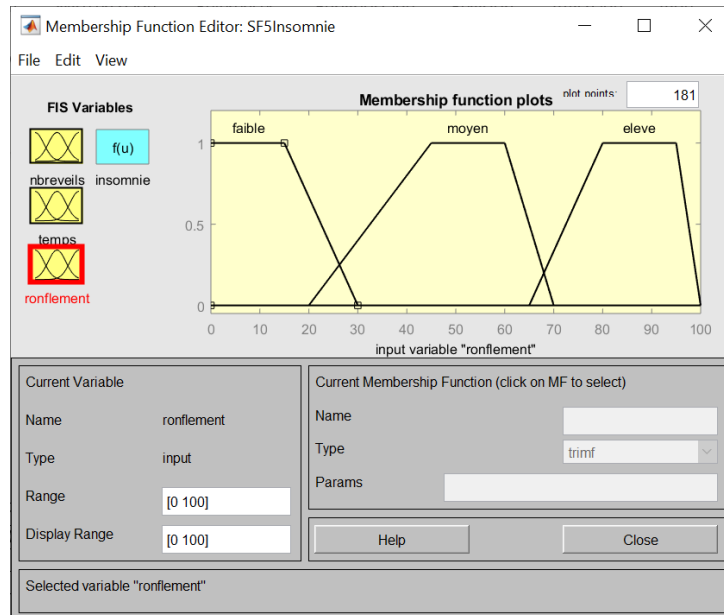


Figure 35 : Classes Ronflement

Règles Insomnie :

Nombre de réveils faible :

Temps \ Ronflement	Faible	Moyen	Elevé
Faible	Faible	Faible	Moyen
Moyen	Faible	Moyen	Moyen
Elevé	Faible	Moyen	Elevé

Nombre de réveils moyen :

Temps \ Ronflement	Faible	Moyen	Elevé
Faible	Faible	Moyen	Moyen
Moyen	Moyen	Moyen	Elevé
Elevé	Moyen	Elevé	Elevé

Nombre de réveils élevé :

Ronflement \ Temps	Faible	Moyen	Elevé
Faible	Moyen	Moyen	Elevé
Moyen	Moyen	Elevé	Elevé
Elevé	Elevé	Elevé	Elevé

Les conclusions possibles des règles du système Insomnie sont :

Faible, Moyen, Elevé

G – Sous-systèmes n°7 : Qualité Endormissement

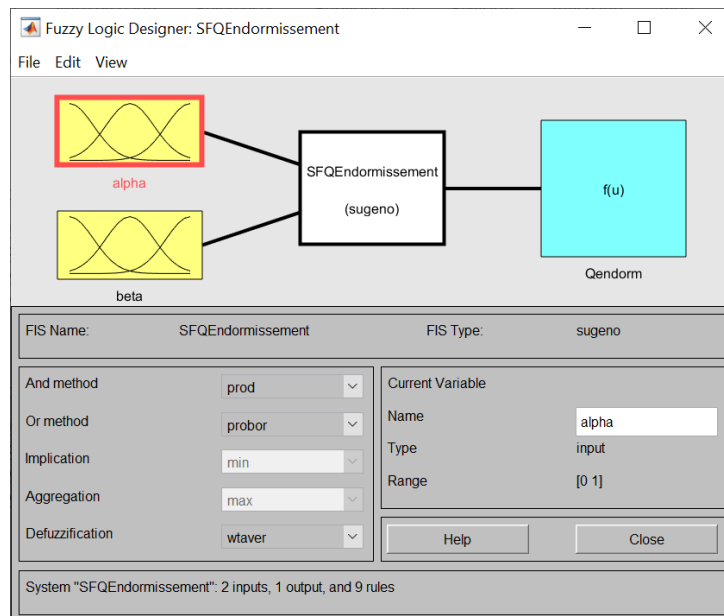


Figure 36 : Qualité Endormissement

Règles Qualité Endormissement :

Ondes Alpha \ Ondes Beta	Faible	Moyen	Elevé
Faible	Elevé	Moyenne	Faible
Moyen	Moyenne	Moyenne	Faible
Elevé	Faible	Faible	Faible

Les conclusions possibles des règles du système Qualité_Endormissement sont :

Faible, Moyen, Elevé

H – Sous-système n°8 : Qualité Sommeil

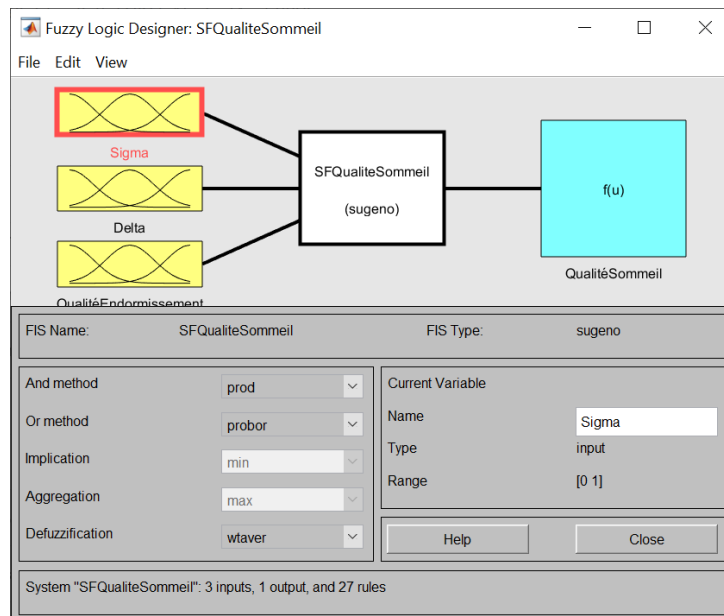


Figure 37 : Qualité Sommeil

Règles Qualité Sommeil :

Qualité Endormissement faible :

Ondes Sigma \ Ondes Delta	Faible	Moyen	Elevé
Faible	Faible	Faible	Moyen
Moyen	Faible	Moyen	Moyen
Elevé	Moyen	Moyen	Elevé

Qualité Endormissement moyen :

Ondes Sigma \ Ondes Delta	Faible	Moyen	Elevé
Faible	Faible	Faible	Moyen
Moyen	Moyen	Moyen	Elevé
Elevé	Moyen	Elevé	Elevé

Qualité Endormissement élevé :

Ondes Sigma Ondes Delta	Faible	Moyen	Elevé
	Faible	Moyen	Elevé
Faible	Faible	Moyen	Elevé
Moyen	Moyen	Moyen	Elevé
Elevé	Moyen	Elevé	Elevé

Les conclusions possibles des règles du système Qualité_Sommeil sont :

Faible, Moyen, Elevé

I – Système flou : Conseils

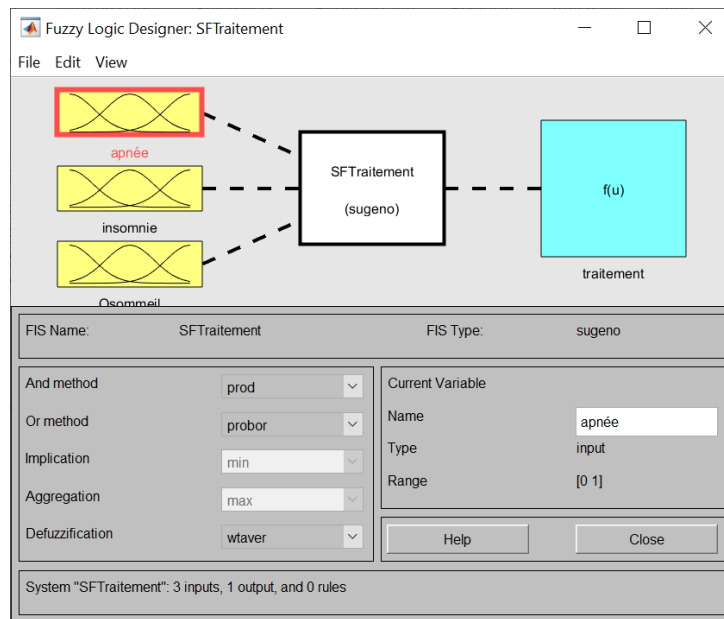


Figure 38 : Conseils

Règles Conseils :

Qualité Sommeil faible :

Apnée Insomnie	Faible	Moyen	Elevé
Faible	C1	C4	C5
Moyen	C2	C6	C7
Elevé	C3	C8	C9

Qualité Sommeil moyen :

Apnée Insomnie	Faible	Moyen	Elevé
Faible	C10	C13	Cas impossible
Moyen	C11	C14	Cas impossible
Elevé	Cas impossible	Cas impossible	Cas impossible

Qualité Sommeil élevé :

Apnée Insomnie	Faible	Moyen	Elevé
Faible	C19	Cas impossible	Cas impossible
Moyen	Cas impossible	Cas impossible	Cas impossible
Elevé	Cas impossible	Cas impossible	Cas impossible

Les conclusions possibles des règles du système Conseils sont :

Faible, Moyen, Elevé

Dictionnaire :

C1 = « La qualité de votre sommeil est médiocre ! Cependant vous n'êtes pas insomniaque, ni apnéique ! Veuillez consulter un médecin généraliste et si vous pouvez un neurologue afin que celui-ci vous aide à améliorer votre train de vie »

C2 = « La qualité de votre sommeil est médiocre ! Vous êtes un peu insomniaque mais vous n'êtes pas apnéique ! Veuillez consulter un médecin généraliste et si vous pouvez un neurologue afin que celui-ci vous aide à améliorer votre train de vie et trouver une solution pour limiter les insomnies »

C3 = « La qualité de votre sommeil est médiocre ! Vous êtes très insomniaque mais vous n'êtes pas apnéique ! Veuillez consulter d'urgence un médecin généraliste et si vous pouvez un neurologue afin que celui-ci vous aide à améliorer votre train de vie et trouver une solution pour limiter les insomnies sévères »

C4 = « La qualité de votre sommeil est médiocre ! Vous n'êtes pas insomniaque mais vous êtes un peu apnéique ! Veuillez consulter un médecin généraliste et si vous pouvez un neurologue afin que celui-ci vous aide à améliorer votre train de vie. Il est conseillé de voir un pneumologue pour limiter les apnées du sommeil »

C5 = « La qualité de votre sommeil est médiocre ! Vous n'êtes pas insomniaque mais vous êtes très apnéique ! Veuillez consulter un médecin généraliste et si vous pouvez un neurologue afin que celui-ci vous aide à améliorer votre train de vie. Il est très fortement conseillé de voir un pneumologue pour limiter les apnées du sommeil qui sont sévères ! »

C6 = « La qualité de votre sommeil est médiocre ! Vous êtes un peu insomniaque et vous êtes un peu apnéique ! Veuillez consulter un médecin généraliste et si vous pouvez un neurologue afin que celui-ci vous aide à améliorer votre train de vie et à limiter les insomnies. Il est conseillé de voir un pneumologue pour limiter les apnées du sommeil »

C7 = « La qualité de votre sommeil est médiocre ! Vous êtes un peu insomniaque mais vous êtes très apnéique ! Veuillez consulter un médecin généraliste et si vous pouvez un neurologue afin que celui-ci vous aide à améliorer votre train de vie et trouver une solution pour limiter les insomnies. Il est très fortement conseillé de voir un pneumologue pour limiter les apnées du sommeil qui sont sévères »

C8 = « La qualité de votre sommeil est médiocre ! Vous êtes très insomniaque mais vous êtes un peu apnéique ! Veuillez d'urgence consulter un médecin généraliste et si vous pouvez un neurologue afin que celui-ci vous aide à améliorer votre train de vie et trouver une solution pour limiter les insomnies sévères. Il est conseillé de voir un pneumologue pour limiter les apnées du sommeil »

C9 = « La qualité de votre sommeil est médiocre ! Vous êtes très insomniaque et vous êtes très apnéique ! Veuillez d'urgence consulter un médecin généraliste et si vous pouvez un neurologue afin que celui-ci vous aide à améliorer votre train de vie et trouver une solution pour limiter les insomnies sévères. Il est très fortement conseillé de voir un pneumologue pour limiter les apnées du sommeil qui sont sévères »

C10 = « La qualité de votre sommeil est normale sans être excellente ! Vous n'êtes ni insomniaque ni apnéique ! Il pourrait être utile de consulter un médecin généraliste voire un neurologue afin que celui-ci vous aide à améliorer votre train de vie »

C11 = « La qualité de votre sommeil est normale sans être excellente ! Vous êtes un peu insomniaque mais vous n'êtes pas apnéique ! Il serait tout de même intéressant de consulter un médecin généraliste et si vous pouvez un neurologue afin que celui-ci vous aide à améliorer votre train de vie et trouver une solution pour limiter vos petites insomnies »

C13 = « La qualité de votre sommeil est normale sans être excellente ! Vous n'êtes pas insomniaque mais vous êtes un peu apnéique ! Il pourrait être utile de consulter un médecin généraliste voire un neurologue afin que celui-ci vous aide à améliorer votre train de vie. Il pourrait aussi être intéressant de consulter un pneumologue pour limiter les petites apnées du sommeil »

C14 = « La qualité de votre sommeil est normale mais elle est à la limite d'être faible ! Vous êtes un peu insomniaque et un peu apnéique ! Veuillez consulter un médecin généraliste et si vous pouvez un neurologue afin que celui-ci vous aide à améliorer votre train de vie et trouver une solution pour limiter les petites insomnies. Il est aussi conseillé de voir un pneumologue pour limiter les petites apnées du sommeil »

C15 = « La qualité de votre sommeil est remarquable ! Votre train de vie est excellent ! Vous dormez comme un bébé ! Continuez ainsi ! »

2 – Méthode pour distinguer l'homme et la femme

Nous avons mis en place une boîte de dialogue qui demande à l'utilisateur d'entrer 1 si c'est un homme et 0 si c'est une femme. Nous sauvegardons cette valeur dans une variable.

```
%Chosir son sexe

prompt ={'Tape 1 si homme, tape 0 si femme :'};

def ={'0'};
dlgtitle='Genre';
lineNo=1;
answer=inputdlg(prompt, dlgtitle, lineNo, def);
if isempty(answer),
    disp('Action annulée');
    return;
end;

reponse = str2num(answer{1});
```

Figure 39 : Code Choix de Sexe 1

Puis à l'aide d'un "if", nous sélectionnons les partitions floues en fonction du sexe de la personne.

```
%La personne qui fait le test est un homme
if reponse == 1
```

Figure 40 : Code Choix de Sexe 2

3 – Méthode pour faire le test sur plusieurs nuits

Pour ce faire, nous avons mis en place une boîte de dialogue qui demande à l'utilisateur sur combien de nuits il souhaite faire le test. Nous sauvegardons ensuite cette valeur dans une variable.

```
% Choisir le nombre de nuits pour faire le test

prompt ={'Sur cb de nuits voulez-vous faire le test'};
def ={'1'};
dlgtitle='Nbr nuits';
lineNo=1;
answer=inputdlg(prompt, dlgtitle, lineNo, def);
if isempty(answer),
    disp('Action annulée');
    return;
end;
nb_nuits = str2num(answer{1});
```

Figure 41 : Code Plusieurs Nuits 1

Ensuite pour chacune de nos 21 variables d'entrée, nous avons mis en place une boucle "for" qui demande et enregistre les valeurs pour « n » nuits. Puis, nous faisons une moyenne afin d'exploiter le résultat obtenu.

```
%Initialisation des entrées à 0, utile pour faire une moyenne ensuite
taux_alcool=0;
taux_nicotine=0;

%Boucle pour faire le test sur plusieurs nuits
for i=1: nb_nuits,
```

Figure 42 : Code Plusieurs Nuits 2

Entre ces deux morceaux de code, nous retrouvons le code de l'algorithme de Zalila. Pour plus de clarté nous avons décidé de ne pas le mettre ici.

```
%Si plusieurs nuits sont sélectionnées ont fait la moyenne
taux_alcool = str2num(answer{1})+ taux_alcool;
taux_nicotine = str2num(answer{2}) + taux_nicotine;
end;

taux_nicotine=taux_nicotine/nb_nuits;
taux_alcool=taux_alcool/nb_nuits;
```

Figure 43 : Code Plusieurs Nuits 3

4 – Méthode de défuzzification

Afin d'obtenir un score sur 100 qui donne une indication sur la qualité du sommeil, nous avons décidé de défuzzifier par la méthode du barycentre la sortie du système flou "Qualité du sommeil". Nous avons pris comme valeurs Faible = 0 Moyenne = 50 Elevee = 100 pour avoir un score compris entre 0 et 100.

Voici la méthode que nous avons appliquée : Si nous posons d1, d2, d3 les degrés d'appartenance compris entre 0 et 1 correspondant à chaque classe floue en utilisant la formule suivante $(d1*0+d2*50+d3*100) / (d1+d2+d3)$, nous obtenons le score de la qualité du sommeil sur 100.

%Défuzzification de la qualité du sommeil par méthode du barycentre

```
ccl_sommeil=[ccl_sommeil(1) ccl_sommeil(2) ccl_sommeil(3)];
ccl_som = [0 50 100];
disp('La qualité sur 100 de votre sommeil est de :');
disp(sum(ccl_som.*ccl_sommeil)/sum(ccl_sommeil));
```

Figure 44 : Code Défuzzification

5 – Méthode pour conseiller la personne à la fin du test

Nous avons décidé de créer environ 15 sorties pour notre système flou **conseils** qui correspondent aux conseils de consultation d'un médecin spécialisé donnés par notre programme afin d'améliorer le sommeil.

Pour une question de clarté nous n'avons pas écrit directement les conseils au niveau des "classes" du système flou **conseils**. C'est pour cette raison que nous avons mis en place une sorte de dictionnaire.

Nous avons construit un dictionnaire de tel sorte à ce que notre programme affiche le conseil le plus adapté à la personne qui fait le test.

Pour ce faire, nous avons décidé de rechercher le degré d'appartenance de nos "classes" qui était le plus élevé et ayant associé à cette "classe" un conseil précis, nous affichons à l'écran le conseil en question.

```
%On cherche le plus élevé degré d'appartenance associé à nos conséquences
maxi=0;
for i = 1:nb_ccl_conseils
    if ccl_conseils(i) > maxi
        maxi=ccl_conseils(i);
    end;
end;

if maxi==ccl_conseils(15)
    disp('La qualité de votre sommeil est remarquable ! Votre train de vie est excellent ! Vous dormez comme un bébé ! Continuez ainsi !');
end;
```

Figure 45: Code pour trouver le meilleur conseil

IV – Etude de cas

1 – Cas n°1 : Marc

Marc est un homme qui ne possède pas une très bonne hygiène de vie, cependant pour tester notre système flou sur 2 jours, il a décidé de diminuer la quantité de drogues qu'il prenait. Son taux d'alcool est passé de 0.7 g/kg à 0.2 g/kg. Il a également diminué le nombre de cigarettes fumées puisqu'il est passé de 10 cigarettes à 5 cigarettes par jour. Le café étant trop important pour sa journée, il est resté à 3 cafés par jour mais il avait pris son dernier café 3 heures avant d'aller dormir le premier jour alors qu'il l'a pris 10h lors du deuxième. Concernant son alimentation, Marc mange plutôt sucré puisqu'il possède 400 grammes de glucides dans le sang. En revanche, son taux de gras et de fibres est respectivement de 60 et 35 grammes ce qui représente un taux moyen. Heureusement pour lui, un taux important de sucre n'influe pas de manière significative sur les vitamines les plus importantes. Son taux de vitamine C, de vitamine B6 et de vitamine E est respectivement de 70 mg/L, 1.8 mg/jour, 22 UI. Marc a toujours accordé une importance à la consommation de produits laitiers c'est pour cela qu'il possède un taux satisfaisant de calcium de 2.4 mmol/L. Et enfin, suivant les recommandations d'un ami, Marc prend régulièrement du magnésium pour réduire sa fatigue, son stress ce qui explique son taux important de 1000 mg/jour. N'aimant pas vivre à la campagne, Marc a choisi de vivre en plein centre-ville ce qui fait que l'intensité sonore s'élève à 35 décibels. Il a pour habitude de commencer chaque journée par 10 minutes de méditation afin de se relaxer. Cependant, Marc a du mal à se défaire des écrans et est confronté à la lumière bleue jusqu'à 2 heures du matin. Même s'il s'endormira en 10 minutes, sa première nuit sera particulièrement agitée puisqu'il se réveillera 4 fois et son ronflement sera mesuré à 15 décibels. Son rythme cardiaque restera cependant moyen : 52 battements par minutes et son taux d'oxygène sera de 95 %. Sans qu'il s'en rende compte, il a également fait 2 apnées de plus de 10 secondes. Le lendemain, Marc a mis 2 fois plus de temps à s'endormir mais il se réveillera qu'une fois pendant la nuit.

Le volume sonore de ronflement est toujours de 15 décibels et son taux d'oxygène, tout comme son rythme cardiaque, seront identiques. Comme la nuit précédente, il fera deux apnées de plus de 10 secondes.

Variables	Jour 1	Jour 2	Commentaires
Intensité Sonore (dB)	35	35	
Taux de Vitamine C (mg/L)	70	70	
Méditation (minutes)	10	10	
Taux de Magnésium (mg/jour)	1000	1000	
Taux de Calcium (mmol/L)	2.4	2.4	
Lumière Bleue (heures)	2	2	
Taux de Vitamine B6 (mg/jour)	1.8	1.8	
Taux de Vitamine E (UI)	22	22	
Café Heure (heure)	3	10	
Café Quantité (nb de tasses)	3	3	
Taux de Glucides (g)	400	400	
Taux de Gras (g)	60	60	
Taux de Fibres (g)	35	35	
Nicotine (Nb de cigarettes/jour)	10	5	
Alcool (g/kg)	0.7	0.2	
Nb de réveils nocturnes	4	1	
Temps avant de s'endormir (minutes)	10	20	
Ronflement (dB)	15	15	
Rythme cardiaque (battements/minutes)	50	50	
Nb d'apnées de plus de 10 secondes	2	2	
Taux d'oxygène (%)	95	95	

Tableau 1 : Etude de Cas Marc

Conséquence du système flou :

Score : 0/100

Conseil : « La qualité de votre sommeil est médiocre ! Vous êtes un peu insomniaque mais vous n'êtes pas apnéique ! Veuillez consulter un médecin généraliste et si vous pouvez un neurologue afin que celui-ci vous aide à améliorer votre train de vie et trouver une solution pour limiter les insomnies. »

2 – Cas n°2 : Charlotte

A l'âge de 30 ans, Charlotte a décidé de modifier son mode de vie pour prendre soin de son corps et de sa santé. Depuis maintenant près de 15 ans, Charlotte a une hygiène de vie exemplaire et essaye chaque jour de mettre toutes ses chances de son côté pour avoir une qualité de sommeil remarquable voire irréprochable. Tout d'abord, vivant à Paris, en centre-ville où le niveau sonore extérieur peut s'avérer être élevé, elle a commencé par faire venir les meilleurs experts en acoustique afin qu'ils puissent isoler au maximum sa chambre. Les résultats ont été plutôt très concluants car en remplissant notre programme sur un test d'une seule nuit, Charlotte a renseigné que l'intensité sonore était de 0 décibel. Ensuite, dans l'optique toujours de faire diminuer un stress éventuel qui pourrait perturber son sommeil, elle consomme de nombreux agrumes, mais aussi beaucoup de goyave et de cassis afin d'avoir un taux élevé de vitamine C qui est d'après sa saisie sur notre programme de 1000 mg (pour la nuit de test).

A l'âge de 28 ans, en voyage en Inde, elle découvre les bienfaits scientifiquement prouvés de la méditation sur la gestion du stress. Charlotte est tombée sous le charme de cette pratique et nous informe qu'elle médite durant 50 minutes chaque jour. De plus, elle consomme de nombreux légumes verts, des céréales complètes afin que sa quantité de magnésium soit importante ! Elle est de 700 mg/jour.

Depuis sa plus tendre enfance, Charlotte raffole de fromage comme le gruyère ou le parmesan mais aussi de produits de la mer comme la sardine ou encore le saumon. Et depuis peu, après avoir regardé un documentaire, elle s'est mise également à manger des algues telles que l'ascophylle noueux. A savoir que le fromage et les produits de la mer sont de très bonnes sources de calcium et que les algues sont d'excellentes sources de calcium. A noter qu'elle consomme ces aliments bien évidemment avec modération. Cela explique bien son taux de calcium dans le sang qui est de 2.6 mmol/L. Connaissant les dangers de la lumière bleue et ses conséquences très néfastes sur le sommeil, elle décide d'arrêter de regarder des écrans à 20h c'est-à-dire, à la fin du journal régional diffusé sur France 3. Charlotte, au comportement exemplaire s'était renseignée il y a de ça 15 ans sur les bienfaits des vitamines B6 et E et a fixé alors sa quantité de vitamine B6 à 150 mg/jour et celle en vitamine E à 300UI.

Avant ses 30 ans, Charlotte se considérait comme étant accro au café et en buvait beaucoup, parfois même avant de s'endormir. Cela fait aujourd'hui bien longtemps qu'elle ne se comporte plus ainsi. En effet, elle ne consomme qu'un seul café le matin soit 17 heures avant de s'endormir. Ayant pris connaissance, auprès de son nutritionniste, de la meilleure diète pour bien dormir : peu de glucide, beaucoup de gras et beaucoup de fibre. Sa quantité de glucide est ainsi de 75 g/j, celle de gras est de 170 g/j et celle de fibre est de 70 g/j. Ne souhaitant pas perturber son sommeil voire mettre sa vie en danger, elle ne fume pas et ne boit pas ce qui explique les quantités de 0 cigarette/j et de 0 g d'alcool par kg qu'elle a saisies dans notre programme sur une nuit.

Ensuite Charlotte nous informe qu'elle ne fait aucun réveil nocturne, qu'elle met seulement 10 petites minutes pour s'endormir et son compagnon Paul nous assure qu'elle ne ronfle également jamais !

Enfin, les dernières informations qu'elle a renseignées dans notre programme sont son rythme cardiaque qui est de 50 battements/min, le nombre d'apnées par heure de plus de 10 secondes qui est de 0 et son taux d'oxygène dans le sang qui est de 98%. A noter, que ces trois valeurs numériques sont excellentes et seront à l'origine d'une très bonne qualité de sommeil.

Variables	Jour 1	Commentaires
Intensité Sonore (dB)	0	
Taux de Vitamine C (mg/L)	1000	
Méditation (minutes)	50	
Taux de Magnésium (mg/jour)	700	
Taux de Calcium (mmol/L)	2.8	
Lumière Bleue (heures)	20	
Taux de Vitamine B6 (mg/jour)	150	
Taux de Vitamine E (UI)	300	
Café Heure (heure)	16	
Café Quantité (nb de tasses)	1	
Taux de Glucides (g)	75	
Taux de Gras (g)	170	
Taux de Fibres (g)	70	
Nicotine (Nb de cigarettes/jour)	0	
Alcool (g/kg)	0	
Nb de réveils nocturnes	0	
Temps avant de s'endormir (minutes)	10	
Ronflement (dB)	0	
Rythme cardiaque (battements/minutes)	50	
Nb d'apnées de plus de 10 secondes	0	
Taux d'oxygène (%)	98	

Tableau 2 : Etude de cas Charlotte

Conséquence du système flou :

Score : 100/100

Conseil : « La qualité de votre sommeil est remarquable ! Votre train de vie est excellent ! Vous dormez comme un bébé ! Continuez ainsi ! »

3 – Cas n°3 : Jean

Jean est un homme d'une cinquantaine d'années qui vit en ville (30 décibels) et qui souffre sévèrement d'apnées du sommeil. Son alimentation est extrêmement sucrée mais peu grasse ce qui explique son taux de glucide de 600 grammes et de gras de 80 grammes. Son taux de fibres se situe dans la moyenne puisqu'il est de 20 grammes. Jean ne boit pas d'alcool et est également non-fumeur. Cependant il boit en moyenne 5 cafés par jour et le dernier 8 heures avant d'aller dormir. Il n'a pas non plus le temps de méditer car il possède un volume horaire important et il est donc confronté à la lumière bleue jusqu'à 4h du matin. Ses taux de vitamine C, de vitamine B6, de vitamine E sont respectivement de 150 mg/L, 1.5 mg/jour et 20 UI. Cependant, à cause de sa mauvaise alimentation son taux de calcium est relativement faible : 2 mmol/L. Son taux de magnésium reste très correct avec une concentration de 300 mg/jour. Jean s'endort en seulement 15 min mais va cependant souffrir de sa maladie. En effet, à cause de ses 26 apnées, son rythme cardiaque chute jusqu'à 24 battements par minute et son taux d'oxygène descend même jusqu'à 78 %. Il va donc se réveiller 3 fois pendant la nuit et le volume sonore de son ronflement sera évalué à 60 décibels.

Variables	Valeurs	Commentaires
Intensité Sonore (dB)	30	
Taux de Vitamine C (mg/L)	150	
Méditation (minutes)	0	
Taux de Magnésium (mg/jour)	300	
Taux de Calcium (mmol/L)	2	
Lumière Bleue (heures)	4	
Taux de Vitamine B6 (mg/jour)	1.5	
Taux de Vitamine E (UI)	20	
Café Heure (heure)	8	
Café Quantité (nb de tasses)	5	
Taux de Glucides (g)	600	
Taux de Gras (g)	80	
Taux de Fibres (g)	20	
Nicotine (Nb de cigarettes/jour)	0	
Alcool (g/kg)	0	
Nb de réveils nocturnes	3	
Temps avant de s'endormir (minutes)	15	
Ronflement (dB)	60	
Rythme cardiaque (battements/minutes)	24	
Nb d'apnées de plus de 10 secondes	26	
Taux d'oxygène (%)	78	

Tableau 3 : Etude de Cas Jean

Conséquence système flou :

Score : 0/100

Conseil : « La qualité de votre sommeil est médiocre ! Vous êtes un peu insomniaque mais vous êtes très apnéique ! Veuillez consulter un médecin généraliste et si vous pouvez un neurologue afin que celui-ci vous aide à améliorer votre train de vie et trouver une solution pour limiter les insomnies. Il est très fortement conseillé de voir un pneumologue pour limiter les apnées du sommeil qui sont sévères. »

4 – Cas n°4 : Justine

Justine qui a 28 ans, a décidé de reprendre des études en formation continue. Elle est étudiante à l'Université technologique de Compiègne plus communément appelée UTC. Elle suit actuellement la filière MARS (Mécatronique, Actionneurs, Robotisation & Systèmes) de la branche ingénierie mécanique.

Ayant pris connaissance de l'existence de notre programme d'évaluation de la qualité du sommeil et de prescription de conseils de consultation de médecins spécialisés dans un reportage diffusé au journal de 20h sur France 2, elle décide de nous contacter pour faire un test sur 3 nuits. La première nuit correspondra à la nuit avant la journée de révision pour l'examen, la deuxième nuit correspondra à la nuit avant l'examen tant redouté et la troisième nuit correspondra à la nuit avant la journée de repos.

Nuit 1 : Nuit avant la journée de préparation à son examen

La journée de préparation est pour Justine une journée assez stressante et elle ne prend pas forcément très soin de sa santé.

Nuit 2 : Nuit avant la journée d'examen

Justine est envahie par le stress et fait l'erreur de négliger complètement sa santé. Cela va avoir inévitablement des répercussions sur la qualité de son sommeil.

Nuit 3 : Nuit avant la journée de repos (l'examen est passé)

Même si Justine n'a pas excellé lors de son examen, elle se sent relâchée, détendue et décide de reprendre le contrôle de sa vie et en prenant soin d'elle et de sa santé afin d'améliorer principalement sa qualité de sommeil.

Cependant, pour fêter la fin de l'examen, elle fait le choix d'aller, le soir où elle va faire notre test, au PIC (bar à bière de l'UTC), est-ce véritablement une bonne idée ?

Tableau récapitulatif des informations saisies par Justine sur 3 nuits :

Variables	Jour 1	Jour 2	Jour 3	Commentaires
Intensité Sonore (dB)	20	20	20	Cette variable reste constante sur les 3 jours
Taux de Vitamine C (mg/L)	35	20	70	
Méditation (minutes)	5	5	5	Durant les 3 jours, elle fait l'effort de maintenir son rituel matinal de méditation
Taux de Magnésium (mg/jour)	225	175	370	
Taux de Calcium (mmol/L)	1.8	1.5	2.4	
Lumière Bleue (heures)	2	23	20	
Taux de Vitamine B6 (mg/jour)	1.5	1.3	1.8	
Taux de Vitamine E (UI)	15	10	20	
Café Heure (heure)	2	10	17	
Café Quantité (nb de tasses)	3	5	1	
Taux de Glucides (g)	400	500	150	A cause de son stress, elle a tendance à manger très sucré
Taux de Gras (g)	80	60	160	
Taux de Fibres (g)	30	30	30	
Nicotine (Nb de cigarettes/jour)	3	5	0	
Alcool (g/kg)	0	0	0.3	La valeur 0.3 s'explique par un passage au PIC (bar de l'UTC)
Nb de réveils nocturnes	3	5	0	
Temps avant de s'endormir (minutes)	35	40	20	
Ronflement (dB)	60	80	30	
Rythme cardiaque (battements/minutes)	80	90	50	
Nb d'apnées de plus de 10 secondes	0	0	0	
Taux d'oxygène (%)	95	97	96	

Tableau 4 : Etude de Cas Justine

Conséquence système flou :

Score : 38.46/100

Conseil : « La qualité de votre sommeil est médiocre ! Vous êtes très insomniaque mais vous n'êtes pas apnéique ! Veuillez consulter d'urgence un médecin généraliste et si vous pouvez un neurologue afin que celui-ci vous aide à améliorer votre train de vie et trouver une solution pour limiter les insomnies sévères. »

5 – Cas n°5 : Emma

Emma est une femme d'une quarantaine d'années qui vit sans excès mais sans défiance pour autant. Elle ne consomme pas d'alcool et se contente de 2 cigarettes par jour. Elle vit en campagne, à proximité malheureusement d'un aéroport ce qui fait qu'elle est confrontée à une intensité sonore de 50 décibels. Pour bien commencer sa journée, Emma consacre environ 7 minutes pour méditer afin de se relaxer. Faisant attention à son alimentation de manière générale, Emma possède des taux de glucides, de gras et de fibres tout à fait honorables : 250 grammes, 90 grammes, 20 grammes. Consciente des effets néfastes de la surconsommation de café, elle n'en boit que 2 par jours et le dernier seulement 7 heures avant d'aller dormir. Elle adopte le même comportement regardant les écrans ce qu'il fait qu'elle stoppe toute utilisation digitale dès 22h. Ses taux de calcium et de magnésium se situent dans la normale et sont respectivement de 2.4 mmol/L et 300 mg/jour. La consommation d'agrumes lui permet également d'avoir un taux de vitamine C satisfaisant : 75 mg/L. Et enfin ses taux de vitamine B6 et vitamine E sont respectivement de 1.65 mg/jour et 22 mg/jour. Emma ne met que 15 minutes pour s'endormir et elle ne ronflera pas de la nuit. Cependant à cause des décollages et/ou atterrissages d'avions, elle se réveille à 3 reprises. Elle n'est pas apnéique, elle n'aura donc eu aucune apnée durant cette nuit et elle aura un rythme cardiaque de 50 battements par minute ainsi qu'un taux d'oxygène excellent 95 %.

Variables	Valeurs	Commentaires
Intensité Sonore (dB)	50	
Taux de Vitamine C (mg/L)	75	
Méditation (minutes)	7	
Taux de Magnésium (mg/jour)	300	
Taux de Calcium (mmol/L)	2.4	
Lumière Bleue (heures)	22	
Taux de Vitamine B6 (mg/jour)	1.65	
Taux de Vitamine E (UI)	22	
Café Heure (heure)	7	
Café Quantité (nb de tasses)	2	
Taux de Glucides (g)	250	
Taux de Gras (g)	90	
Taux de Fibres (g)	20	
Nicotine (Nb de cigarettes/jour)	2	
Alcool (g/kg)	0	
Nb de réveils nocturnes	3	
Temps avant de s'endormir (minutes)	15	
Ronflement (dB)	0	

Rythme cardiaque (battements/minutes)	50	
Nb d'apnées de plus de 10 secondes	0	
Taux d'oxygène (%)	95	

Tableau 5 : Etude de Cas Emma

Conséquence système flou :

Score : 50/100

Conseil : « La qualité de votre sommeil est normale sans être excellente ! Vous êtes un peu insomniaque mais vous n'êtes pas apnéique ! Il serait tout de même intéressant de consulter un médecin généraliste et si vous pouvez un neurologue afin que celui-ci vous aide à améliorer votre train de vie et trouver une solution pour limiter vos petites insomnies »

V – Limites et perspectives d'amélioration

Pour illustrer notre système flou, nous avons été obligés de prendre des cas fictifs car nous avons besoins de données personnelles pour pouvoir faire tourner notre programme. Or comme la majorité de la population ne possède pas d'intérêt à divulguer ses informations, il était très compliqué pour nous de trouver des données cohérentes sur internet et c'est pour cela que nous nous sommes tournés vers des cas fictifs.

En optant pour un système hiérarchisé nous avons été obligés de négliger certains liens entre différentes variables afin de limiter la complexité du système flou.

On aurait aussi pu effectuer une recherche afin de déterminer les variables qui influent le plus sur la qualité du sommeil afin de fournir un réel traitement précis et personnalisé au lieu de diriger le patient en question vers un simple médecin spécialisé. Cela aurait également permis d'améliorer l'intelligibilité du système puisque les variables les plus importantes auraient été identifiées et ces résultats auraient pu sensibiliser les patients et améliorer leur qualité de sommeil de manière significative.

Ensuite, afin de simplifier la complexité du projet nous avons décidé d'attribuer que 3 classes différentes afin d'évaluer la qualité du sommeil : faible, moyen et élevé. L'utilisation de 4 ou 5 classes différentes nous aurait permis d'avoir un système de décision plus précis et donc de donner des conseils encore plus précis liés aux différents problèmes de sommeil de chaque individu. Cependant, un nombre important de classes nuira à l'intelligibilité du système puisque le nombre de règles augmentera de manière extrêmement importante, de manière exponentielle.

Durant notre projet nous avons décidé de nous focaliser uniquement sur la phase non-REM du sommeil car celle-ci étaient extrêmement riche en termes de types d'ondes cérébrales. Cependant, il aurait aussi été intéressant de nous intéresser à la seconde phase (sommeil REM), qui est une phase davantage reliée au sommeil profond et aux développements de rêves/cauchemars, afin d'avoir un diagnostic sur la nuit complète.

Enfin, nous aurions aussi pu utiliser des variables plus "sociales", comme les sentiments, qui influent sur le comportement afin d'avoir un maximum de variables différentes pour effectuer un diagnostic le complet possible qui prenne en compte le maximum de paramètres.

VI – Annexes

1 – Organigramme

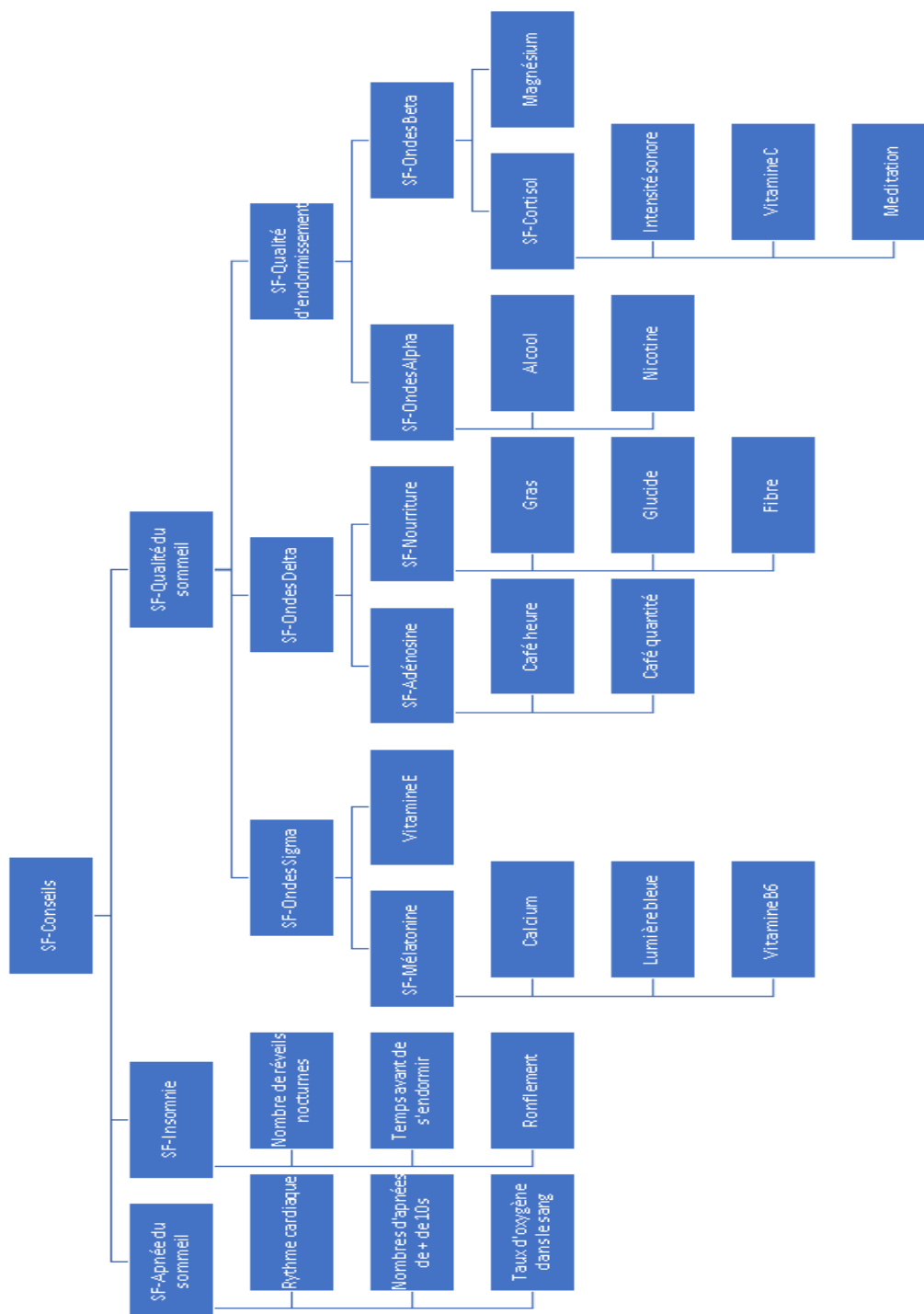


Figure 46 : Organigramme Global

VI- Bibliographie et Webographie

1 – Bibliographie

- *Réalisation d'un système de scoring flou pour produits alimentaires* (A18), Bertille DUBOSC et Alix MEREL
- *Application des mathématiques floues pour l'épidémiologie de la tuberculose* (A18), Oscar GAL et Gustave CORTAL
- *Mathématiques du flou : Concepts et Applications* (SY10), Support de cours (A19), Prof. Zyed ZALILA

2 – Webographie

A - Le sommeil en général

- *LE SOMMEIL, LES RÊVES ET L'ÉVEIL*, Centre de Recherche en Neurosciences de Lyon.

Disponible sur : http://sommeil.univ-lyon1.fr/index_f.php

- *What Happens When You Sleep ?*, National Sleep Foundation

Disponible sur : <https://www.sleepfoundation.org/articles/what-happens-when-you-sleep>

- *Sommeil, Faire la lumière sur notre activité nocturne*, Inserm

Disponible sur : <https://www.inserm.fr/information-en-sante/dossiers-information/sommeil>

Sleep Spindle, ScienceDirect

Disponible sur : <https://www.sciencedirect.com/topics/neuroscience/sleep-spindle>

B - Nos variables

- *NIGHT NOISE GUIDELINES FOR EUROPE*, World Health Organization

Disponible sur : http://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0017/43316/E92845.pdf

- *The Effect of Room Acoustics on the Sleep Quality of Healthy Sleepers*, US National Library of Medicine-National Institutes of Health
Disponible sur : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5187651/>
- *By the way, doctor: What's the right amount of vitamin C for me?*, Havard Health Publishing
Disponible sur : <https://www.health.harvard.edu/staying-healthy/whats-the-right-amount-of-vitamin-c-for-me>
- *Vitamin C supplementation attenuates the increases in circulating cortisol, adrenaline and anti-inflammatory polypeptides following ultramarathon running*, US National Library of Medicine-National Institutes of Health.
Disponible sur : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11590482>
- *Vitamin C : Stress Buster*, Psychology Today
Disponible sur : <https://www.psychologytoday.com/us/articles/200304/vitamin-c-stress-buster>
- *How to Meditate Before Bed*, National Sleep Foundation
Disponible sur : <https://www.sleep.org/articles/how-to-meditate-before-bed/>
- *Magnesium Dosage: How Much Should You Take per Day?*, healthline
Disponible sur : <https://www.healthline.com/nutrition/magnesium-dosage#recommendations-by-age>
- *Insomnia: Studies Suggest Calcium And Magnesium Effective*, MedicalNewsToday
Disponible sur : <https://www.medicalnewstoday.com/releases/163169.php#1>
- *POURQUOI LA LUMIÈRE BLEUE EST NOCIVE POUR VOTRE SOMMEIL ?*, blueberry
Disponible : <https://www.blueberryglasses.com/post/pourquoi-la-lumiere-bleue-est-nocive-pour-votre-sommeil>
- *Apport en vitamines B6, B9, B12 et dépression des sujets âgés*, Nestle-Nutri Pro
Disponible sur : <https://www.nutripro.nestle.fr/dossier/nutrition-generale/vie-quotidienne-et-equilibre-alimentaire/les-nutriments/articles/apport-en-vitamines-b6-b9-b12-et-depression-des#>
- *Caffeine intake (200 mg) in the morning affects human sleep and EEG power spectra at night*, ScienceDirect
Disponible sur : <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S000689939500040W>
- *Caffeine Effects on Sleep Taken 0, 3, or 6 Hours before Going to Bed*, US National Library of Medicine-National Institutes of Health
Disponible sur : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3805807/>

- *Effects of Diet on Sleep Quality*, US National Library of Medicine-National Institutes of Health
Disponible sur : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5015038/>
- *Fat Grams – How Much Fat Should You Eat Per Day?*, healthline
Disponible sur : <https://www.healthline.com/nutrition/how-much-fat-to-eat>
- *Daily Carbohydrates and Calorie Intake for Men*, heathyeating
Disponible sur : <https://healthyeating.sfgate.com/daily-carbohydrates-calorie-intake-men-5524.html>
- *Recommended daily intake of fiber per day*, healthline
Disponible sur : <https://www.healthline.com/health/food-nutrition/how-much-fiber-per-day>
- *Fiber and Saturated Fat Are Associated with Sleep Arousals and Slow Wave Sleep*, US National Library of Medicine-National Institutes of Health
Disponible sur : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4702189/>
- *Les petits fumeurs mettent aussi leur santé en danger*, Stop-tabac
Disponible sur : <https://www.stop-tabac.ch/fr/risques-et-maladies/les-effets-du-tabagisme-sur-la-sante/quels-effets-pour-les-qpetitsq-fumeurs>
- *Sleep, Sleepiness, and Alcohol Use*, National Institute on Alcohol Abuse and Alcoholism
Disponible sur : <https://pubs.niaaa.nih.gov/publications/arh25-2/101-109.htm>
- *Disturbed Sleep and Its Relationship to Alcohol Use*, US National Library of Medicine-National Institutes of Health
Disponible sur : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2775419/>
- *Les effets de l'apnée du sommeil sur votre cœur*, Unimédic
Disponible sur : <https://unimedic.com/les-effets-de-lapnee-du-sommeil-sur-votre-coeur/>
- *Fréquence cardiaque*, ooreka santé
Disponible sur : <https://defibrillateur.ooreka.fr/astuce/voir/453221/frequence-cardiaque>
- *Fréquence cardiaque de repos : quelle utilité pour la prévention cardiovasculaire ?*, Revue médicale suisse
Disponible sur : <https://www.revmed.ch/RMS/2016/RMS-N-508/Frequence-cardiaque-de-repos-quelle-utilite-pour-la-prevention-cardiovasculaire>

- *Apnée du sommeil : quand le corps s'arrête de respirer la nuit*, LE FIGARO – santé
Disponible sur : <http://sante.lefigaro.fr/article/apnee-du-sommeil-quand-le-corps-s-arrete-de-respirer-la-nuit/>
- *Influence of the severity of obstructive sleep apnea on heart rate*, ScienceDirect
Disponible sur : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0914508710000171>
- *How to Wake Up Less Frequently at Night*, National Sleep Foundation
Disponible sur : <https://www.sleep.org/articles/wake-less-frequently-night/>
- *Durée d'endormissement ?*, LE FIGARO – santé
Disponible sur : <http://sante.lefigaro.fr/mieux-etre/sommeil/generalites-sur-sommeil/duree-dendormissement>
- *Le ronflement (ronchopathie)*, passeport sante
Disponible sur : https://www.passeportsante.net/fr/Maux/Problemes/Fiche.aspx?doc=ronflement_pm