

Ministère de l'Enseignement Supérieure et de la Recherche Scientifique
UNIVERSITE YAHIA FERES DE MEDEA
Faculté des Sciences et de la Technologie

Mémoire pour l'obtention du diplôme Master

Filière: Génie des Procédés et Environnement

Option: Génie des Procédés pharmaceutique

Thème

Estimation neuronale des propriétés des émulsions

Présenté par:

Mlle. CHEREF Affaf
Mlle. KOUN Rachda

Proposé et dirigé par:

Pr. HANINI Salah

Mr. LAIDI Maamar

Plan de L'exposé

1. Introduction et Objectifs
2. Partie théorique
   - Emulsions très-concentrées ETC
3. Partie modélisation
   - Estimation neuronale des propriétés des émulsions
4. Conclusion et perspectives

L’objectif:

L’objectif du présent travail consiste :

A développer une stratégie basée sur les réseaux de neurones artificiels (RNA) pour une modélisation simple, fiable et précise pour estimer les propriétés rhéologiques d’une ETC.

Introductions et problématiques

- **Une émulsion est un mélange, macroscopiquement homogène mais microscopiquement hétérogène, de deux substances liquides non miscibles (l'eau et l'huile)**

- **Les ETC sont présentes dans de nombreux domaines tels que l'agroalimentaire, la cosmétique et la pétrochimie.**

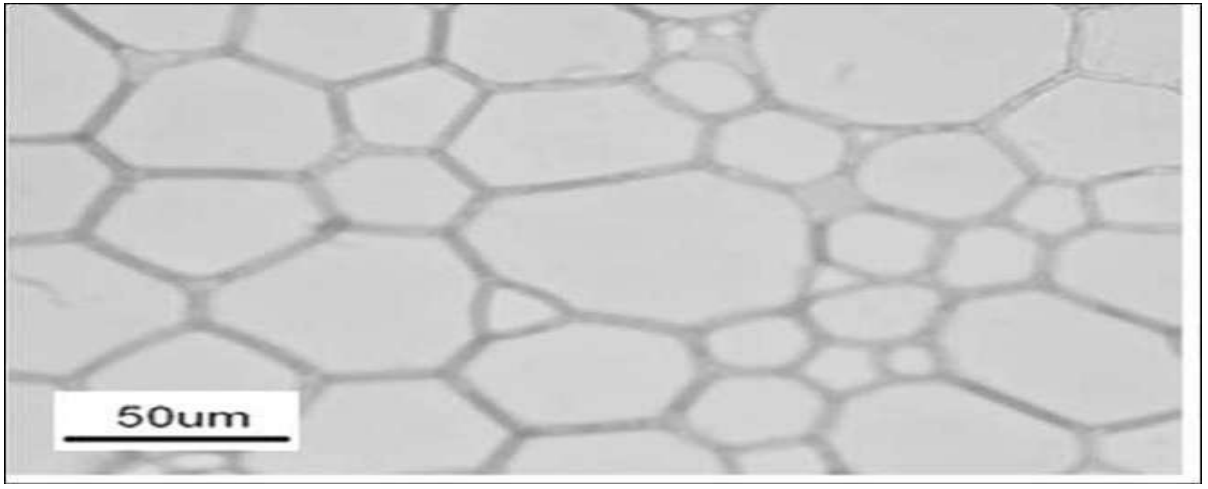
- **Les méthodes de modélisation des propriétés rhéologiques les plus utilisées sont le modèle de Cross, le modèle de Princen et autres.**

- **parmi ses modèles: le modèle de Maxwell, modèle de kelvin-Voigt. modèle de Zener, et celui de Burgers**
- **Ces modèles souffrent d'un certain nombre d'inconvinents (limitations) : le manque de précision requises , forte dépendance de l'expérience humaine et à la complexité des phénomènes rhéologiques notamment pour les ETC.**

1. Partie théorique

Emulsions très-concentrées ETC

Les émulsions très concentrées (ETC) ou concentrées sont des émulsions dont la fraction volumique de la phase dispersée Φ est supérieure à la fraction volumique d'empilement maximum Φm. Comme le montre la Figure, au delà de cette fraction volumique ($\Phi > \Phi_m$), les gouttes du liquide dispersé se compriment et se présentent sous la forme de polyèdres. Les gouttelettes sont alors séparées que par un mince film de phase continue . Cette particularité morphologique est en partie responsable des propriétés physiques et notamment rhéologiques, spécifiques aux ETC , dont nous discuterons par la suite.



Photographie au microscope d'une émulsion très concentrée (ETC) contenant 80% de n-nonane dans l'eau

Fraction volumique d'empilement maximum :

la façon d'agencer des sphères dans l'espace afin d'obtenir la plus grande densité de sphères sans que celles-ci ne se recouvrent ou ne se déforment.

Grandeurs et comportements rhéologiques :

.

La plus répandue des caractéristiques d'un fluide, en matière d'écoulement est sa viscosité.

La viscosité exprime la résistance d'un fluide à entrer en mouvement, lorsque celui-ci est soumis à un écoulement uniforme et sans turbulence.

Plus la viscosité d'un fluide est élevé, plus sa capacité à s'écouler diminue.

Ainsi, un fluide compris entre deux surfaces planes dont l'une seulement est au repos sera soumis à un mouvement dit de cisaillement, la couche de liquide en contact avec la surface fixe aura une vitesse nulle.

L'évolution de la vitesse atteindra la vitesse de la parois mobile, le fluide évoluera en fines couches ayant chacune une vitesse d'entraînement différente. Il s'instaurera alors un gradient de vitesse [s^{-1}] (ou taux de cisaillement ou vitesse de cisaillement).

Viscosité dynamique (η)

Pour un écoulement laminaire d' un fluide, la viscosité dynamique est le rapport de contrainte de cisaillement au gradient de vitesse perpendiculaire au plan de cisaillement.

Les modules *G'* et *G''* décrivent respectivement les propriétés élastiques et visqueuses de l'échantillon

Module élastique G'

Le module élastique ou module d'élasticité est une grandeur intrinsèque, définie par le rapport de la contrainte à la déformation élastique provoquée par cette contrainte.

Module visqueux G''

Le module visqueux d'un *liquide visqueux* newtonien est symbolisé par un amortisseur de viscosité

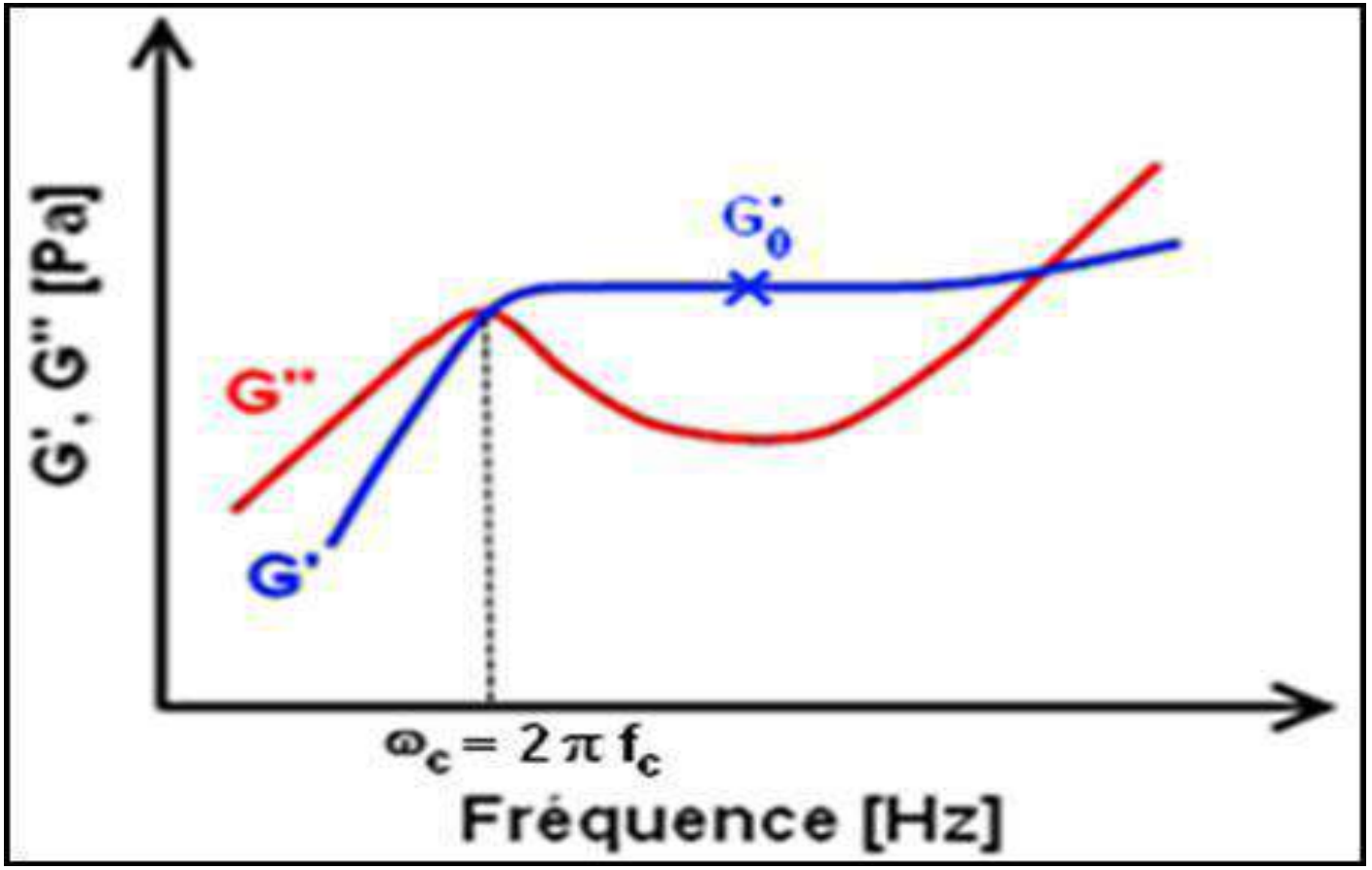
L'étude des comportements des fluides dit viscoélastiques, dont font partie les ETC s'effectuera par une analyse dynamique (oscillatoire).

Le matériau considéré est alors soumis à une déformation sinusoïdale

La réponse en contrainte sera également sinusoïdale et aura la même pulsation mais sera déphasée : $\tau=\tau o e^{iwt+\delta}$. Contrainte et déformation sont reliées par l'équation faisant intervenir le module de cisaillement complexe *G pouvant lui-même être décomposé mathématiquement en partie réelle et imaginaire :**

$$\tau(t) = G * \gamma(t) avec\ G *= G' + iG''$$

Etude dynamique dans le domaine linéaire



Comportement classique des modules visqueux *G”* [Pa] et *G’* [Pa] d'une émulsion très concentrée lors d’une analyse fréquentielle dans le domaine linéaire (échelle logarithmique),

La réponse visqueuse est supérieure à la réponse élastique (*G''* > *G'*):

Faibles fréquence: la période de cisaillement est suffisamment longue pour permettre à l'énergie de se dissiper. L'ETC a donc un comportement visqueux.

Fréquences plus élevées: la période de cisaillement plus courte permet le stockage de cette énergie.

Fréquences intermédiaires: Le module élastique est alors supérieur au module visqueux. Cette transition d'une réponse visqueuse (aux basses fréquences) à une réponse élastique (aux fréquences intermédiaires) passe par un point de croisement entre les modules *G'* et *G''*.

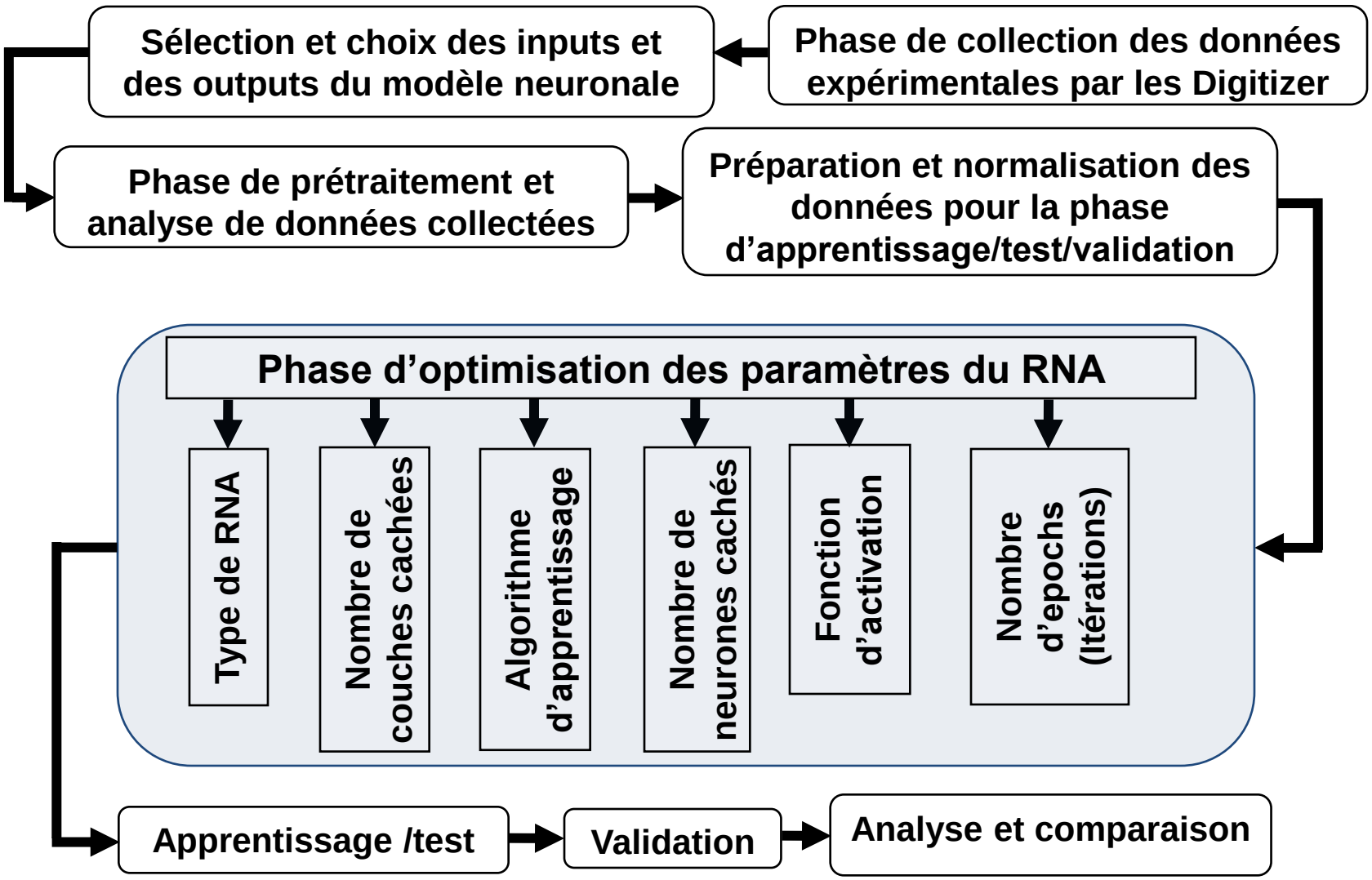
Suite au croisement des modules visqueux (*G''*) et élastique (*G'*), on constate que, dans le domaine des fréquences intermédiaires, *G'* est relativement stable. On parle alors de plateau noté dont la valeur est équivalente à celle du module de cisaillement statique. Au contraire, à ces fréquences intermédiaires, le module de perte diminue avant d'augmenter à nouveau en passant par un minimum

2. Les RNA pour l'estimation des propriétés rhéologique d'une ETC

Pourquoi les RNA?

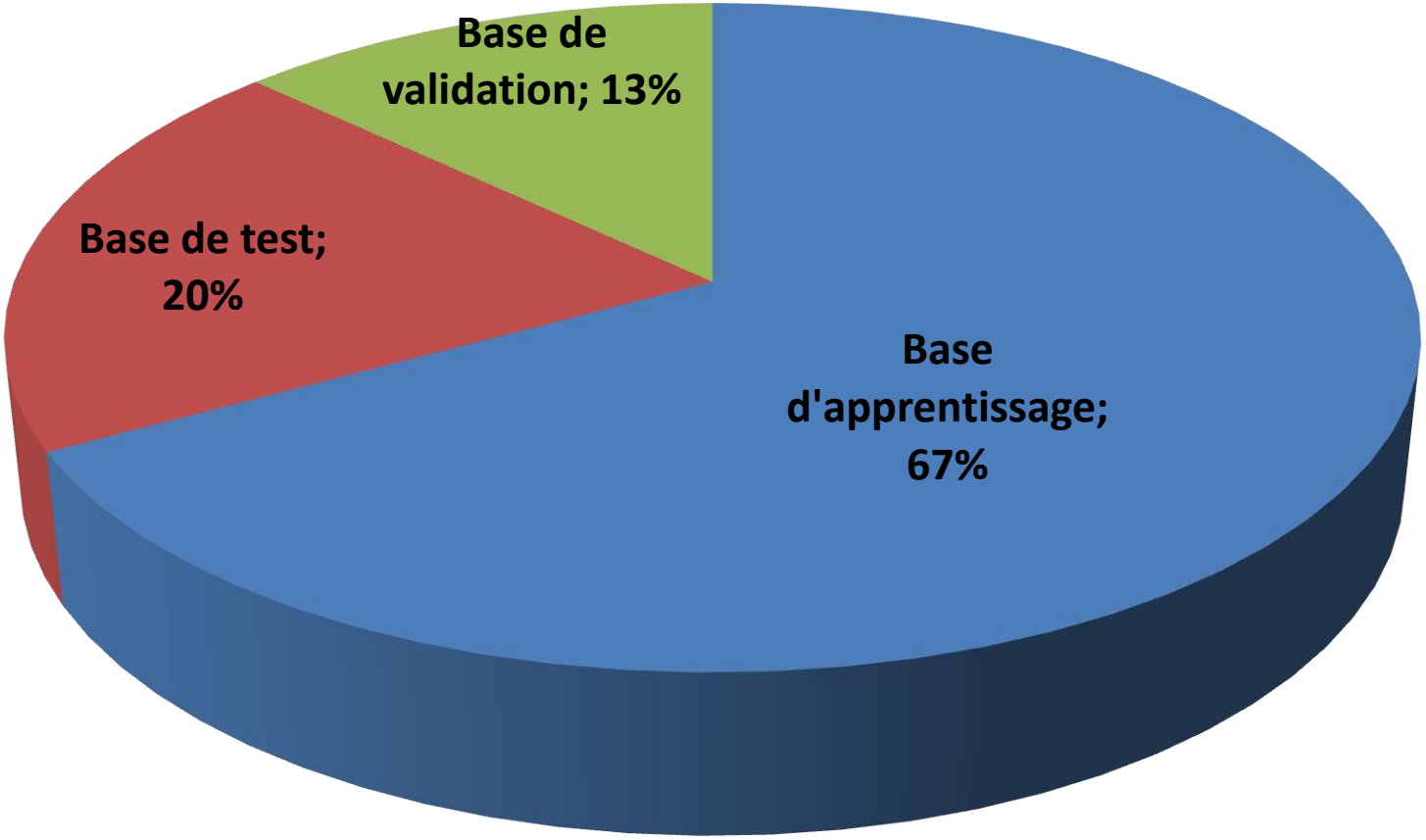
- **Outils d'approximation des systèmes complexes**
- **Efficaces lorsque les systèmes sont non linéaires**
- **Traitent plusieurs systèmes à la fois.**
- **Déterminent la traçabilité des paramètres modélisés**

Comment établir un modèle neuronale ?

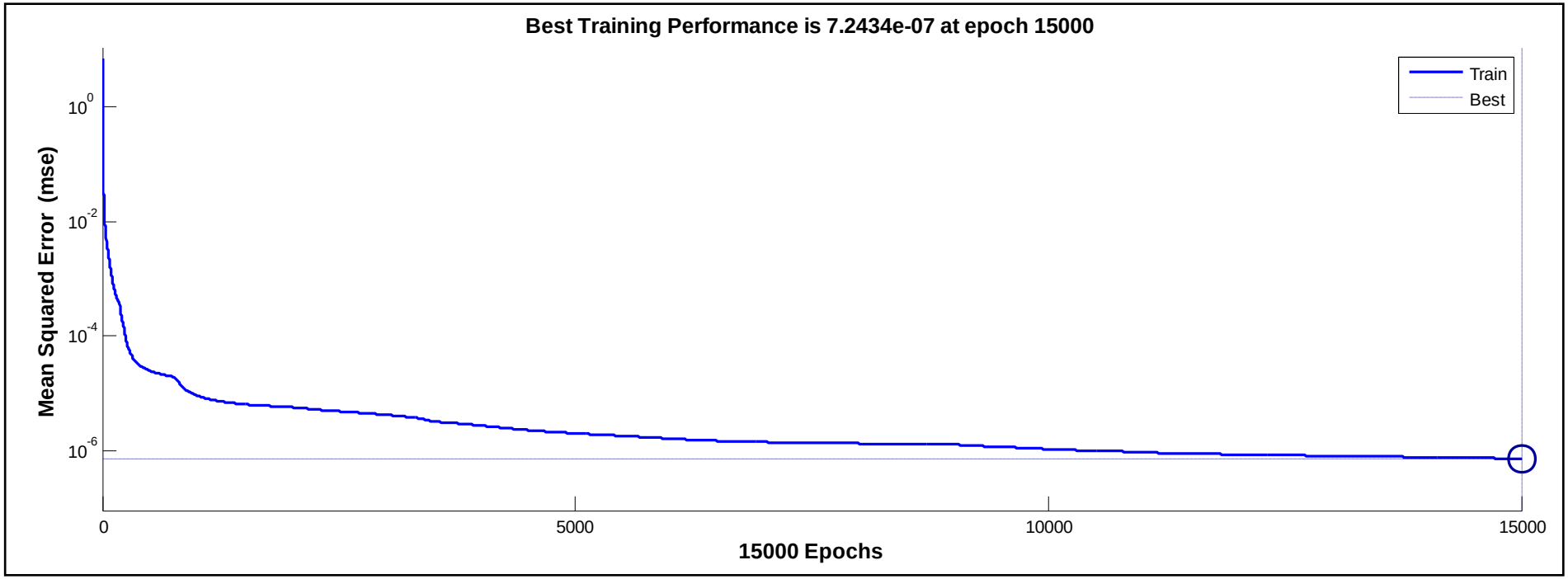


Digitizer: Logiciel de numérisation pour convertir des graphiques et des cartes en chiffres

Répartition de la base de données

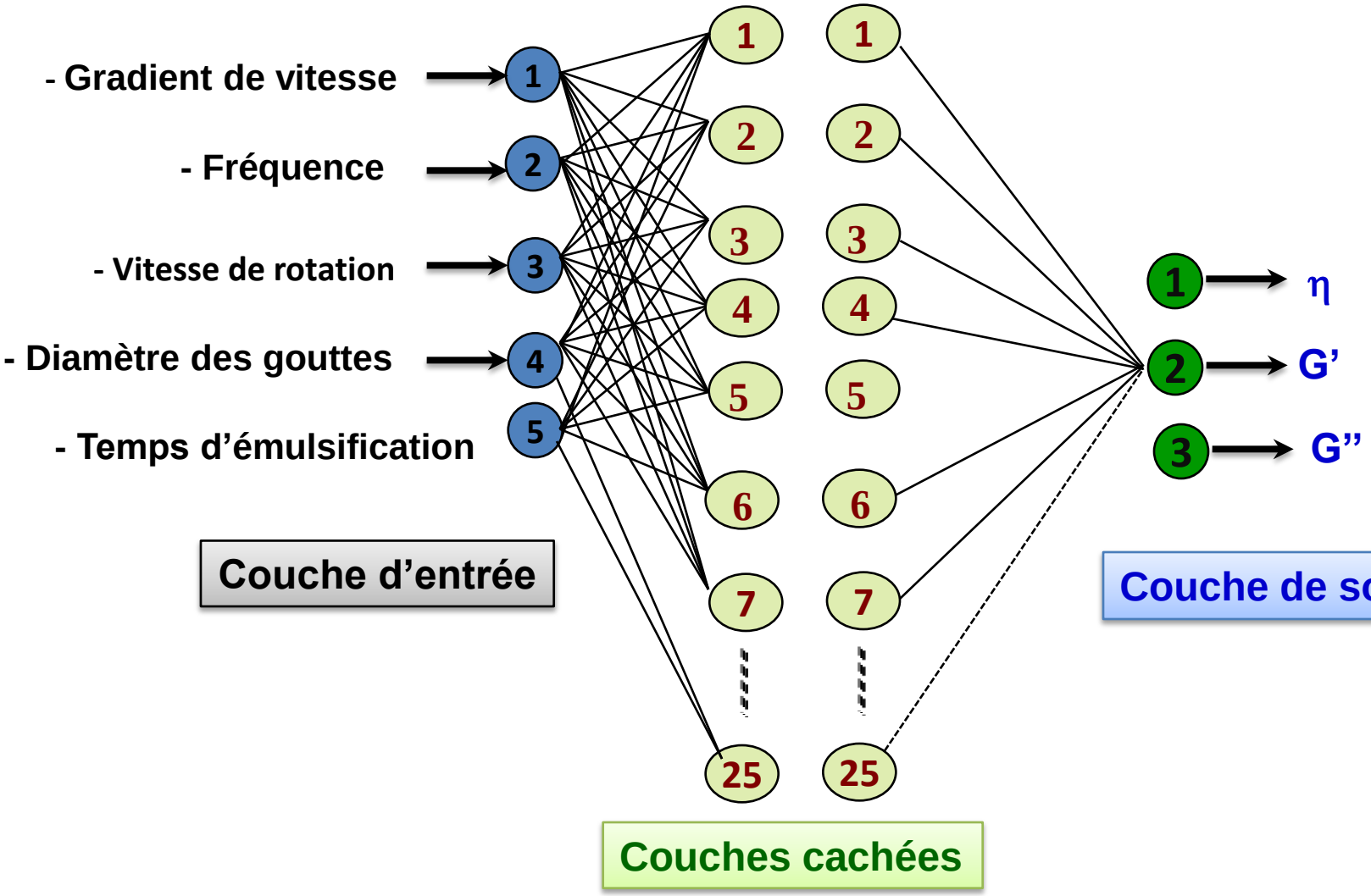


Evolution de l'erreur moyenne quadratique en fonction du nombre d'itération au cours de la phase d'apprentissage



Les résultats d'optimisation (RNSO) après *15000* itérations et avec une erreur de performance (mse) de 7.24×10^{-7}

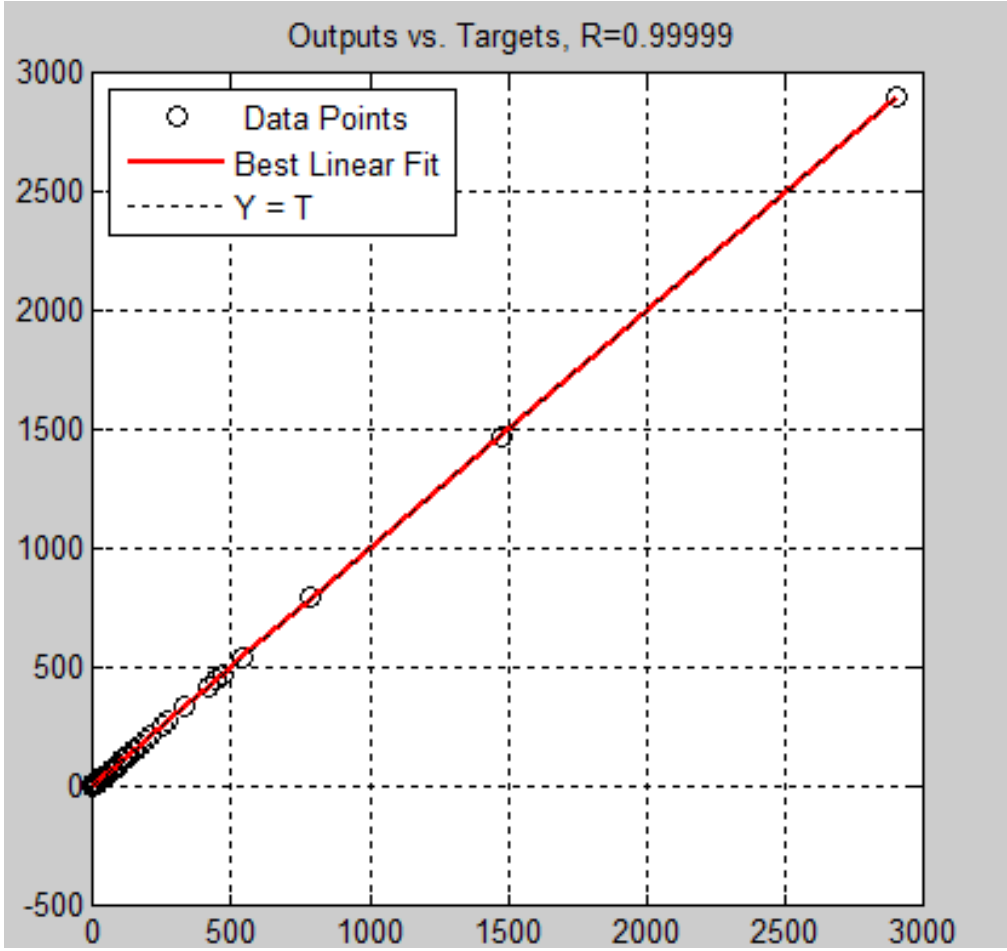
Schéma de l'architecture du RNA-MLP



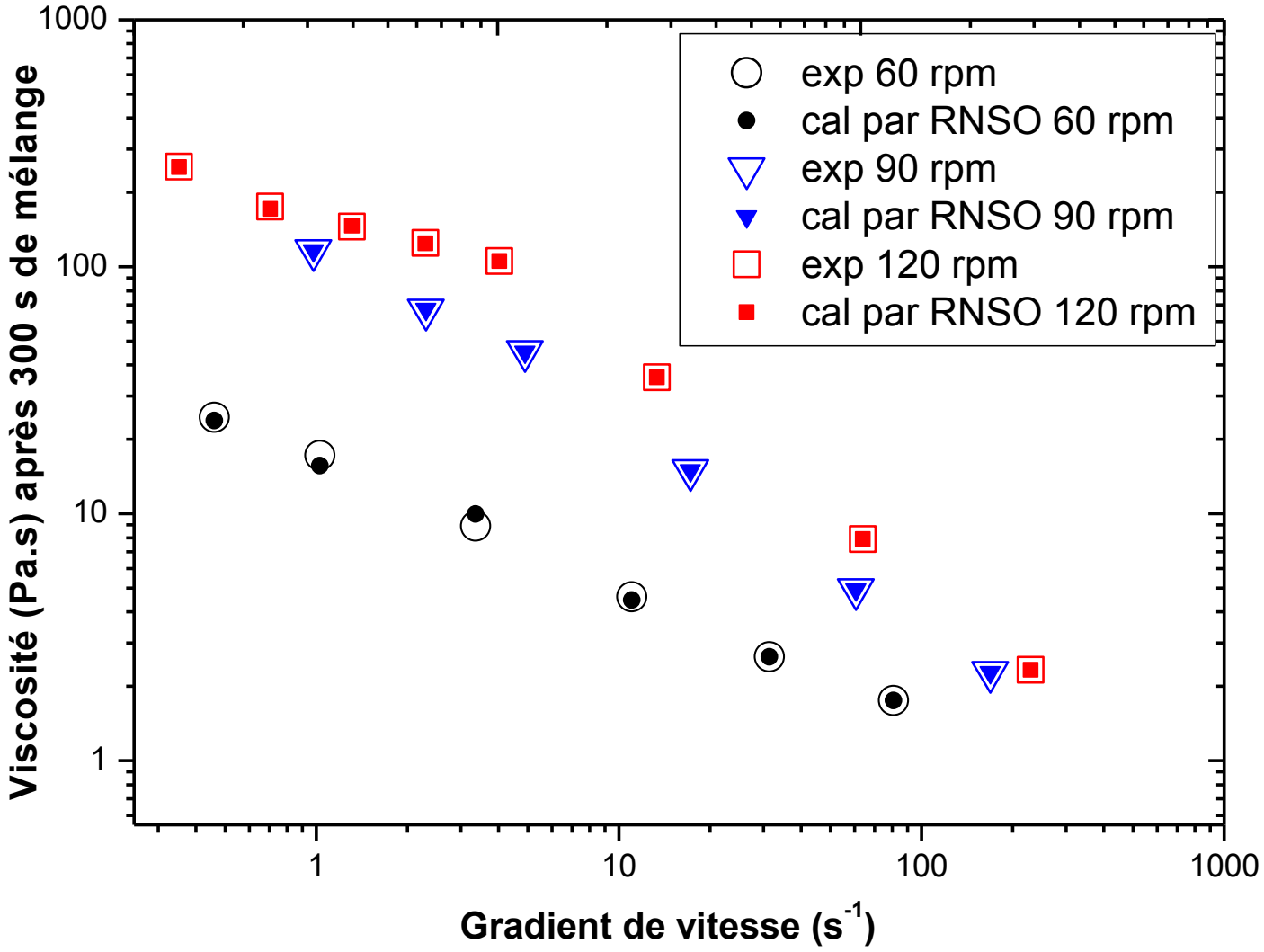
Résultats de la modélisation pour la viscosité

EAM = 1.92 %, REQM= 2%

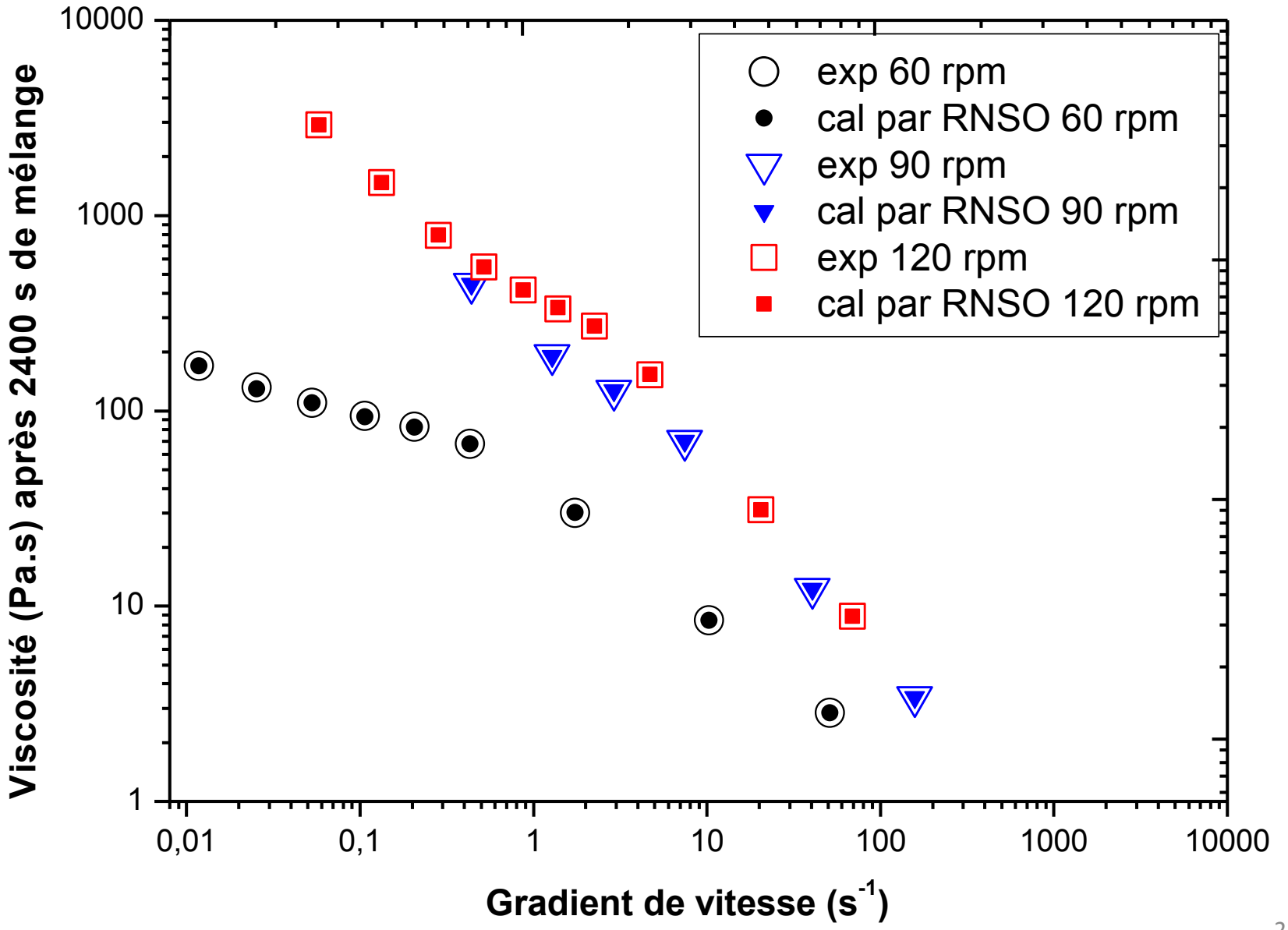
R=0.9999



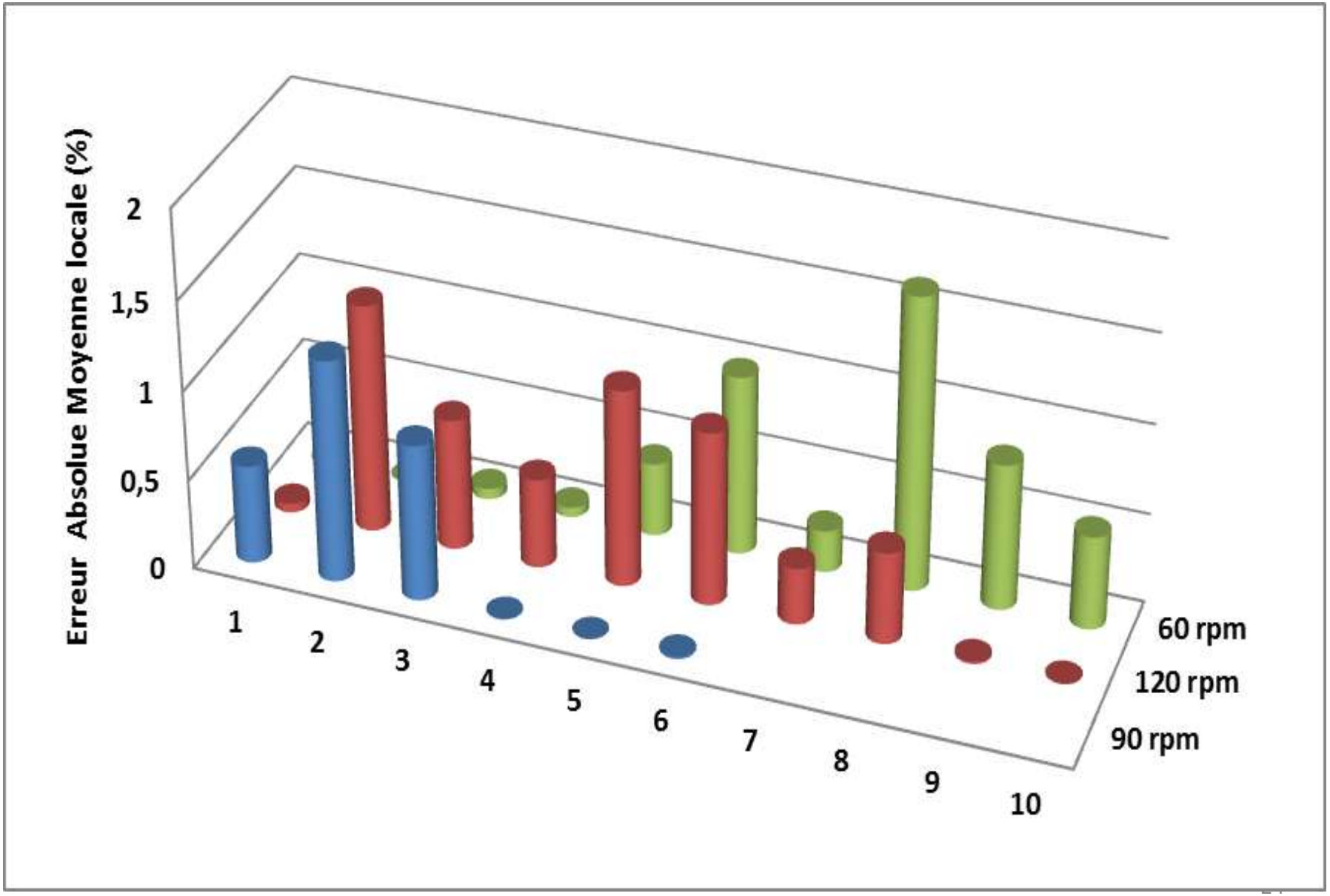
Comparaison des résultats après 300 s de mélange



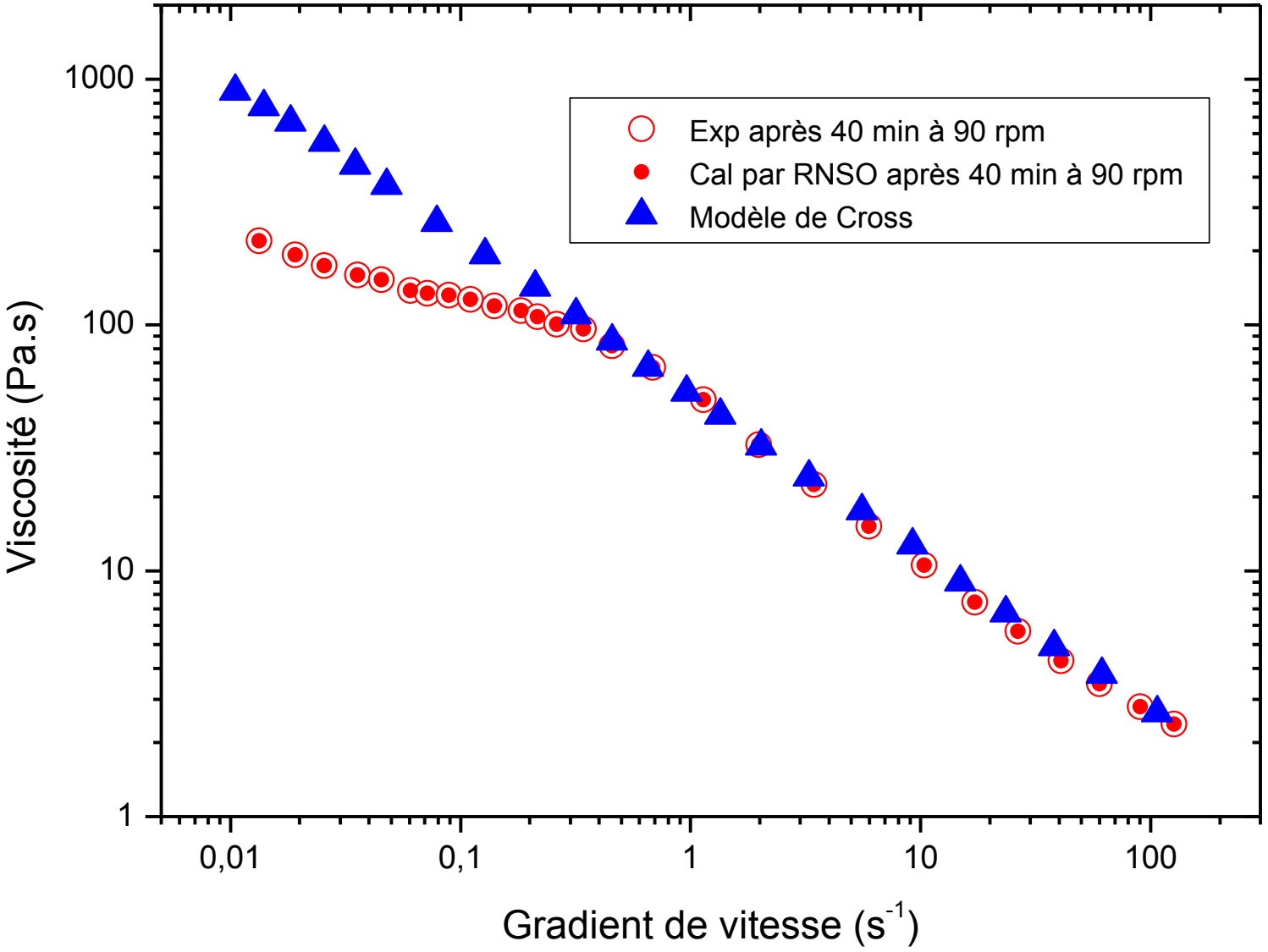
Comparaison des résultats après 2400 s de mélange



Comparaison en termes d'erreur

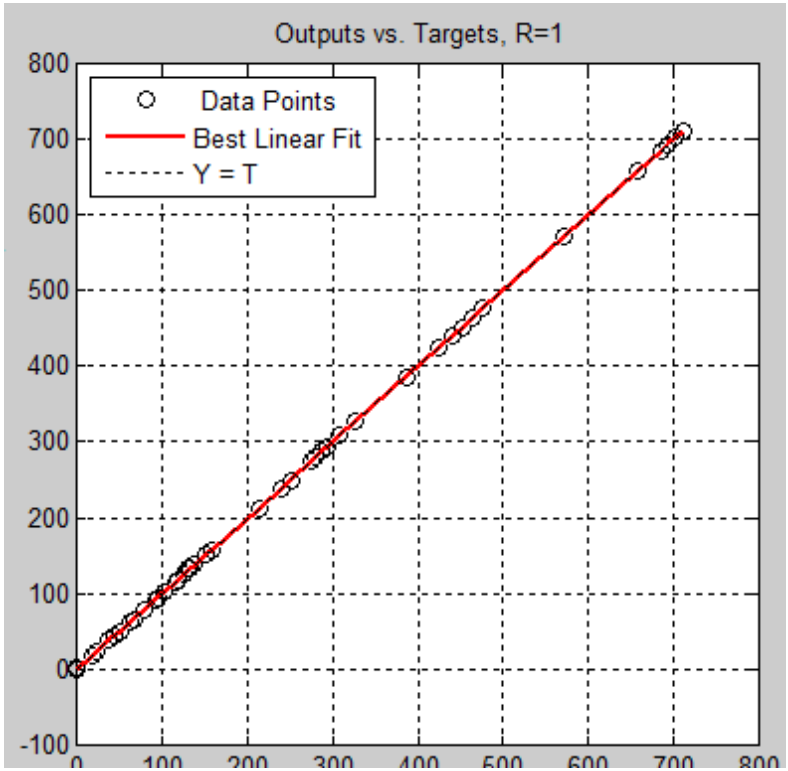


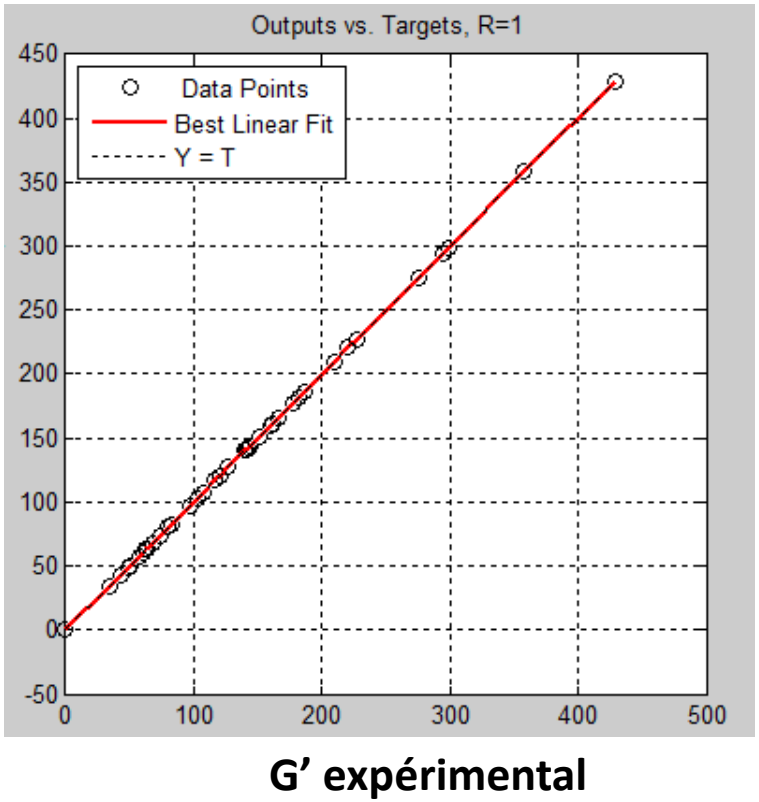
Comparaison des résultats, (exp, RNA, modele), cas de η

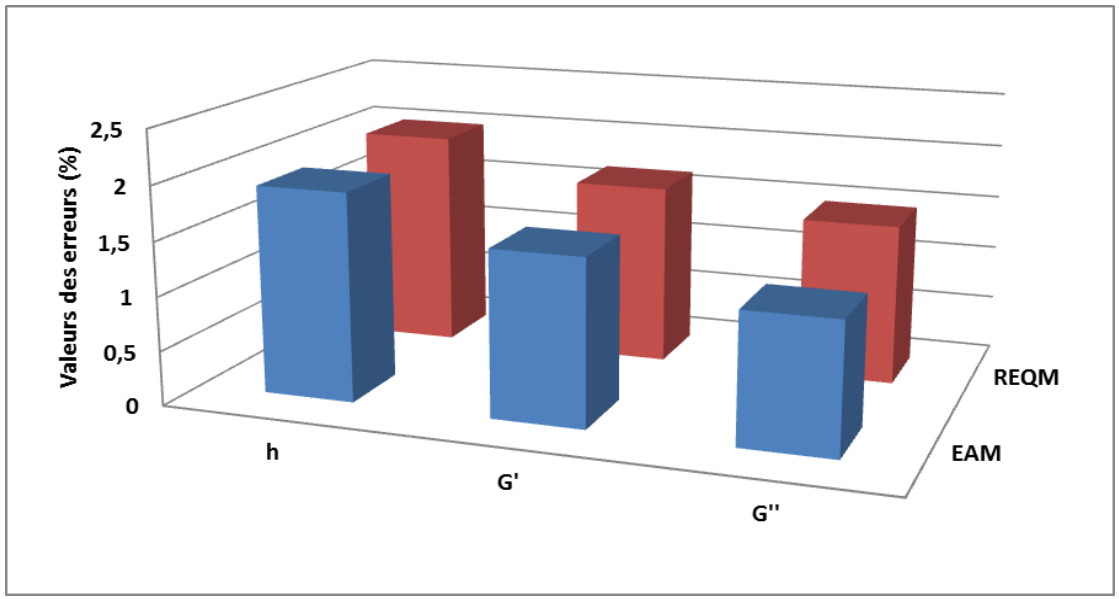


$$\eta = \eta_\infty + \frac{\eta_0 + \eta_\infty}{1 + \alpha\, dv^{2/3}}$$

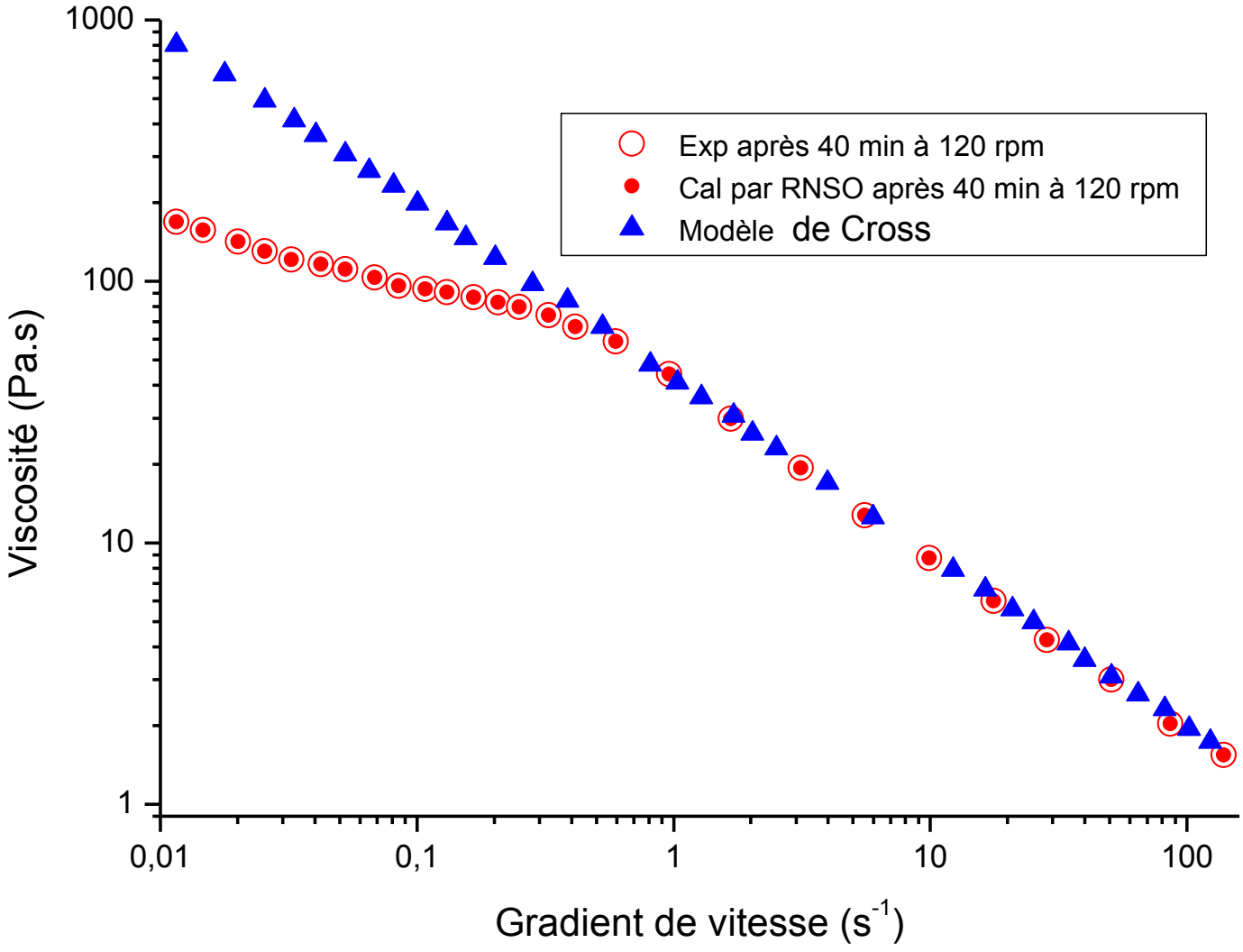
Modèle de Cross


Outputs vs. Targets, R=1
Data Points
Best Linear Fit
Y = T
G'' estimé
G'' expérimental


Outputs vs. Targets, R=1
Data Points
Best Linear Fit
Y = T
G' estimé
G' expérimental


Valeurs des erreurs (%)
2,5
2
1,5
1
0,5
0
h
G'
G''
REQM
EAM

Comparaison des résultats, (exp, RNA, modele), cas de η



Conclusion et perspectives

Conclusions

Ce travail traite la modélisation neuronale des propriétés rhéologiques de la viscosité dynamique et des modules élastiques et visqueux d'une émulsion très concentrée eau-huile visqueux (ricin) en écoulement continu contenant 95% de la phase dispersée, en fonction de cinq (05) conditions opératoires: la fréquence, le temps d'émulsification, la vitesse de rotation du mélangeur, le gradient de vitesse et le diamètre moyen des gouttes. La base de données résulte d'une étude expérimentale réalisée par (Caubet, 2010).

Les techniques neuronales se sont imposées par leurs simplicités relatives et leurs efficacités irréfutables, chose que, nous avons perçues et vérifies de près à travers ce travail.

Conclusions

Estimation neuronale des propriétés des émulsions

Le RNSO comporte:

- **05 neurones dans la couche d'entrée;**
- **25 neurones dans la première couche cachée avec la même fonction d'activation (*TANSIG*);**
- **25 neurones dans la deuxième couche cachée avec la même fonction d'activation (TANSIG);**
- **03 neurones de sortie avec la même fonction d'activation (purline);**
- **Un algorithme de *Levenberg-Marquardt* avec 15000 d'itération et une erreur de performance de 10^{-7}.**

Perspectives

- **A développer une stratégie basée sur les réseaux de neurones artificiels (RNA) pour modéliser les propriétés rhéologiques d'une ETC à différentes fraction (95% et autres).**

- **Optimisation des propriétés de RNA (poids et biais) pour d'autre méthodes d'optimisation tels que (les algorithmes génétiques, essaim de particule, etc…).**


Merci pour votre
attention