

5/04

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

Ecole Nationale Polytechnique
Département de Génie Chimique



المدرسة الوطنية المتعددة التخصصات
Ecole Nationale Polytechnique

المدرسة الوطنية المتعددة التخصصات
BIBLIOTHEQUE — المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

Projet de Fin d'Etudes

En vue de l'obtention du Diplôme d'ingénieur d'Etat en Génie Chimique

Thème:

**CARACTERISATION DES
FRACTIONS PETROLIERES
PAR DIFFERENTES APPROCHES
UTILISANT L'INTELLIGENCE
ARTIFICIELLE**

Présenté par :

M^r. S. GORI

Proposé et Dirigé par :

Dr.: F. SOUHI

Promotion
Juin 2004

ENP. 10, Avenue Hassen Badi- El Harrach-Alger

الملخص:

يتمثل عملنا هذا في محاولة إيجاد الخصائص الفيزيائية والترموديناميكية لتجزئات بترولية عن طريق استعمال تقنية الشبكات العصبية الاصطناعية. ولهذا فقد إقترحنا نموذجين من أجل تقدير هذه الخصائص مع نسبة خطأ صغيرة.

الكلمات المفتاحية:

الخصائص الفيزيائية والترموديناميكية، الشبكات العصبية الاصطناعية، التجزئات البترولية.

Résumé:

Ce travail consiste à utiliser une nouvelle technique basée sur les Réseaux de Neurones Artificiels pour déterminer les propriétés physiques et thermodynamiques des fractions pétrolières

Nous proposons deux modèles pour estimer ces grandeurs avec un pourcentage d'erreur assez faible.

Mots clés:

Propriétés physiques et thermodynamiques, réseau de neurones artificiels, fractions pétrolières.

Abstract:

This work consists in using a new technical based on the Artificial Neural Networks to determine the physical and thermodynamical properties of oil fractions.

We propose two models able to estimate these properties with a percentage of relatively weak error.

Key words:

Physical and thermodynamical proprieties, artificial neural network, oil fractions.

Remerciements

Je ne saurai exprimer ma profonde gratitude à M^{me} SOUABI pour les nombreuses discussions et conseils très utiles qu'elle n'a cessé de me prodiguer tout au long de ce travail.

Je tiens aussi à remercier M^{me} F.MOHELLEBI pour m'avoir fait l'honneur de présider le jury.

Je tiens également à remercier M^r T.AHMED ZAID et M^{me} F.MEZIANI d'avoir donné un peu de leur précieux temps afin d'examiner ce travail et juger les résultats.

Enfin, je remercie tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail, Dieu seul sait ô combien leur aide m'a été précieuse.

Dédicaces

À celle qui m'a donné un jour la vie et la lumière, et qui a beaucoup souffert pour que je sois ainsi, à ma chère mère comme témoignage de mon affection et de mon profond amour.

À mon père.

À mon oncle Cheik DJAILLANI BEGUI, comme reconnaissance de tout ce qu'il a fait pour que je puisse continuer mes études.

À mes frères.

À tout mes oncles, ainsi qu'à leurs familles.

À tout mes amis, et tous ceux qui ont contribué de loin ou de près pour l'achèvement de ce modeste travail.

Said

SOMMAIRE

Introduction générale	1
Chapitre I : Les Réseaux de Neurones Artificiels	
I.1. INTRODUCTION.....	3
I.2. HISTORIQUE.....	3
I.3. LES NEURONES	4
I.3.1. Le neurone biologique	4
I.3.2. Le neurone formel	5
i. Définition.....	5
ii. L'état des neurones	5
iii. Les connexions entre neurones	5
a. Le voisinage.....	5
b. Les connexions.....	5
c. Les poids des connexions.....	5
d. Description d'un neurone formel.....	6
e. La fonction d'activation d'un neurone formel.....	7
I.4. ARCHITECTURE DES RESEAUX DE NEURONES.....	8
I.4.1. Les réseaux "Feed-Forward"	9
I.4.1.1. Les Perceptrons	9
i. Le perceptron monocouche.....	9
ii. Le perceptron multicouches	9
I.4.1.2. Les réseaux à fonction radiale.....	10
I.4.2. Les réseaux "Feed-Back".....	10
I.4.2.1. Les cartes auto-organisatrices de Kohonen.....	10
I.4.2.2. Les réseaux de Hopfield.....	10
I.4.2.3. Les ART ("Adaptative Resonance Theory")	11
I.5. L'APPRENTISSAGE DES RESEAUX DE NEURONES.....	11
I.5.1. Définition.....	11
I.5.2. Apprentissage supervisé.....	13
I.5.2.1. Retro-propagation du gradient.....	13
I.5.2.2. Backpropagation avec momentum.....	15
I.6. PROPRIETE FONDAMENTALE DES RESEAUX DE NEURONES FORMELS	
.....	16
I.7. RESEAUX DE NEURONES ET REGRESSION NON LINEAIRE.....	17
I.8. LA BASE D'APPRENTISSAGE.....	19
I.9. LA BASE DE TEST.....	19
I.10. CONCLUSION.....	20
Chapitre II : Les propriétés étudiées	
II.1. TENSION SUPERFICIELLE.....	22
II.2. CHALEUR SPECIFIQUE.....	23
II.3. TEMPERATURE DE CONGELATION.....	24
II.4. VOLUME MOLAIRE.....	24

II.5. POINT D'ANILINE.....	24
Chapitre III : Présentation du Logiciel et Développement des Modèles	
III.1. PRESENTATION DU LOGICIEL.....	25
III.2. DEVELOPPEMENT DE MODELES.....	30
III.2.1. Choix de l'échantillon.....	31
III.2.1.1. Origine de la banque de données.....	31
III.2.1.2. Mise en œuvre de la banque de données.....	32
III.2.2. Elaboration de la structure du réseau.....	33
III.2.3. Choix des paramètres de la phase d'apprentissage.....	33
a) Modèle 1.....	34
b) Modèle 2.....	35
Chapitre IV : Résultats et commentaires	
IV.1. TENSION SUPERFICIELLE	40
IV.1.1. Modèle 1.....	40
IV.1.2. Modèle 2.....	43
IV.2. CHALEUR SPECIFIQUE	45
IV.2.1. Modèle 1.....	45
IV.2.2. Modèle 2.....	48
IV.3. TEMPERATURE DE CONGELATION	49
IV.3.1. Modèle 1.....	49
IV.3.2. Modèle 2.....	52
IV.4. VOLUME MOLAIRE	54
IV.4.1. Modèle 1.....	54
IV.4.2. Modèle 2.....	57
IV.5. POINT D'ANILINE.....	58
IV.5.1. Modèle 1.....	58
IV.5.2. Modèle 2.....	61
IV.6. ETUDE COMPARATIVE ENTRE LES DEUX MODELE PROPOSES...	63
Conclusion générale	64
Bibliographie	66
Annexe 1: Banque de données	
Annexe 2: Comportement du RNA par rapport à la base d'apprentissage et à la base de test.	



Terme	Signification
C_{p298K}	Chaleur spécifique en J/moleK à 298K
d	Densité 20°C/4°C
FP	Fraction pétrolière
Logsig	Fonction d'activation de type sigmoïde exponentielle
Max	Maximale
Min	Minimale
Moy	Moyenne
n	Indice de réfraction
N°	Numéro de fraction
PA	Point d'aniline en K
PMC	Perceptron multicouches
Purelin	Fonction d'activation de type Linéaire
RNA	Réseaux de Neurones Artificiels
T-Cong	Température de congélation en K
Tansig	Fonction d'activation de type sigmoïde tangentielle
Tmav	Température moyenne d'ébullition en °C
TS	Tension superficielle en dyne/cm à 25°C
V_M	Volume molaire en $10^{-3}m^3/kmole$
Wij	Poids synaptiques

المدسة الوطنفة المتمددة الففنفاف
BIBLIOTHEQUE — المكنففة
Ecole Nationale Polytechnique



*Introduction
Général*

Le pétrole a pour origine la substance des êtres, animaux ou végétaux, vivant à la surface du globe et particulièrement en milieu aquatique. La matière organique ainsi produite se dépose au fond des mers et des lacs et est incorporée aux sédiments. Au fur et à mesure que ceux-ci sont enfouis, les constituants organiques se transforment, principalement sous l'action de la température, en hydrocarbures dont une partie vient progressivement se concentrer dans les pièges des réservoirs poreux.

Si la composition élémentaire globale des pétroles est relativement fixe, la structure chimique de leurs constituants varie plus largement, ce qui entraîne une grande diversité des propriétés physiques ainsi que des teneurs très variables dans les différents types de produits obtenus par raffinage.

Les pétroles bruts ont des caractéristiques physiques et chimiques très variables d'un champ de production à un autre et même à l'intérieur d'un même gisement. Toutes ces différences entraînent des conditions de production, de transport, de stockage et de raffinage adaptées au pétrole et aux produits qui en dérivent.

Les pétroles bruts forment un continuum d'espèces chimiques depuis le gaz jusqu'aux produits les plus lourds. La complexité de ces mélanges fait que l'analyse de tous les constituants est quasiment impossible, et la difficulté de l'analyse des différentes fractions croît avec le nombre d'atomes de carbone.

La caractérisation des pétroles bruts et des fractions pétrolières vise principalement à déterminer leur composition et leurs propriétés physiques et thermodynamiques, indispensable pour la mise en œuvres de ces produits en vue de leur valorisation.

La connaissance des propriétés physiques et thermodynamiques des fluides rencontrés dans l'industrie chimique, en particulier celle du pétrole est essentielle à l'ingénieur de procédé car elle lui permet de spécifier, dimensionner ou vérifier le fonctionnement des différents équipements d'une unité de fabrication.

L'expérience fournit la majorité de ces caractéristiques, mais dans la plupart des cas, la manipulation présente un certain nombre de limitations (complexité, coût élevé et temps de manipulation important) faisant que des démarches, visant à utiliser des méthodes numériques pour estimer rapidement et avec des précisions plus ou moins acceptables ces paramètres, sont souvent effectuées.

De nos jours, l'ingénieur en génie des procédés a souvent recours à ces méthodes pour accéder aux propriétés physiques et thermodynamiques des mélanges complexes faisant

l'objet d'une opération unitaire, en particulier dans le domaine pétrolier où ces méthodes prédictives gardent tout leur intérêt, lorsque l'on désire obtenir une valeur approximative ou se rendre compte de la sensibilité d'une propriété sous certaines conditions opératoires bien définies.

Depuis le milieu des années cinquante, de nombreuses études ont été menées dans le but de proposer des méthodes pour la prédiction des paramètres physiques et thermodynamiques des hydrocarbures et de leurs mélanges. Parmi les méthodes existantes, celles qui ont connu le plus grand essor sont les méthodes basées sur le principe des états correspondants et celles utilisant la relation propriété – structure dites de contribution de groupes.

Lorsque apparaît une nouvelle technique, l'ingénieur se demande naturellement en quoi cette nouveauté peut lui être utile. Si elle est dotée d'un nom plus métaphorique que technique – ce qui est évidemment le cas pour les réseaux de neurones – la réponse à cette question doit être particulièrement précise et motivée. De plus, la mise en œuvre des réseaux de neurones est très simple ; la tentation peut être grande d'appliquer cette technique de manière irréfléchie ou inadaptée, ce qui ne peut conduire qu'à des déceptions. C'est pourquoi nous expliquerons ici les principes fondamentaux qui justifient l'intérêt pratique des réseaux de neurones.

Un réseau de neurones est un outil d'analyse statistique permettant de construire un modèle de comportement à partir de données qui sont des exemples de ce comportement. Les réseaux de neurones sont devenus en quelques années des outils précieux dans des domaines très divers de l'industrie et des services. Néanmoins, ils n'ont pas encore atteint leur plein développement, pour des raisons plus psychologiques que techniques, liées aux connotations biologiques de terme, et au fait qu'ils sont considérées, à tort, comme des outils d'intelligence artificielle. Or l'intérêt des réseaux de neurones, dans le domaine des sciences de l'ingénieur, ne doit rien à la métaphore biologique : il est uniquement dû aux propriétés mathématiques spécifiques de ces réseaux.

Dans le but d'améliorer les résultats trouvés par les chercheurs au niveau du Laboratoire de Valorisation des Energies Fossiles, nous avons dans cette étude introduit une nouvelle technique d'approche pour la caractérisation des fractions pétrolières basée sur les réseaux de neurones artificiels.



CHAPITRE I.

*Les Réseaux
De Neurones Artificiels*

1.1. INTRODUCTION

Les réseaux de neurones artificiels ou réseaux connexionnistes sont fondés sur des modèles qui tentent d'expliquer comment les cellules du cerveau et leurs interconnexions parviennent, d'un point de vue global, à exécuter des calculs complexes.

Ces systèmes qui stockent et retrouvent l'information de manière "similaire" au cerveau sont particulièrement adaptés aux traitements en parallèle de problèmes complexes comme la reconnaissance automatique de la parole, la reconnaissance de visages ou bien la simulation de fonctions de transfert.

Les architectures connexionnistes s'inspirent de l'organisation neuronale du cerveau humain. Dans les réseaux de neurones artificiels de nombreux processeurs appelés cellules ou unités, capables de réaliser des calculs élémentaires, sont structurés en couches successives capables d'échanger des informations au moyen de connexions qui les relient. On dit de ces unités qu'elles miment les neurones biologiques.

Grâce à ce parallélisme massif, on peut espérer pouvoir surmonter les problèmes posés par des temps d'attente importants caractéristiques à la résolution de tâches complexes par des méthodes numériques.

1.2. HISTORIQUE [1]

De façon générale, on situe le début des réseaux de neurones artificiels en 1943 avec les travaux de McCulloch et Pitts qui montrent qu'un réseau de neurones discret, sans contrainte de topologie, peut représenter n'importe quelle fonction booléenne et donc émuler un ordinateur. En 1958, Rosenblatt propose le premier algorithme d'apprentissage, qui permet d'ajuster les paramètres d'un neurone. En 1969, Minsky et Papert publient le livre *Perceptrons* dans lequel ils utilisent une solide argumentation mathématique pour démontrer les limitations des réseaux de neurones à une seule couche. Ce livre aura une influence telle que la plupart des chercheurs quitteront le champ de recherche sur les réseaux de neurones. En 1982, Hopfield propose des réseaux de neurones associatifs et l'intérêt pour les réseaux de neurones renaît chez les scientifiques. En 1986, Rumelhart, Hinton et Williams publient, l'algorithme de la rétropropagation de l'erreur qui permet d'optimiser les paramètres d'un réseau de neurones à plusieurs couches. À partir de ce moment, la recherche sur les réseaux de neurones connaît un essor fulgurant et les applications commerciales de ce succès académique suivent au cours des années 90.

1.3. LES NEURONES [2]

Les Réseaux de Neurones Artificiels (RNA) sont fondés sur une représentation schématique d'un neurone biologique. Les notions de mémorisation, d'apprentissage et de généralisation sont communes aux deux. La réponse du réseau de neurone à un signal d'entrée dépend de paramètres appelés poids synaptiques (mémoire). Une loi d'apprentissage modifie progressivement ces paramètres pour réduire un paramètre d'erreur. Si les exemples présentés forment un échantillon représentatif de l'ensemble des entrées, le réseau améliore son comportement pour n'importe quel signal (généralisation). L'élément fonctionnel du réseau de neurones artificiels est le neurone formel.

1.3.1. Le neurone biologique [2]

Les cellules nerveuses, appelées neurones, sont les éléments de base du système nerveux central. Le cerveau se compose d'environ 10^{12} neurones (mille milliards), avec 1000 à 10000 synapses (connexions) par neurone.

Le neurone est une cellule composée d'un corps cellulaire et d'un noyau, le corps cellulaire se ramifie pour former ce que l'on nomme les dendrites. Celles-ci sont parfois si nombreuses que l'on parle alors de chevelure dendritique ou d'arborescence dendritique. C'est par les dendrites que l'information est acheminée de l'extérieur vers le soma, corps du neurone. L'information traitée par le neurone chemine ensuite le long de l'axone (unique) pour être transmise aux autres neurones. La transmission entre deux neurones n'est pas directe, en fait, il existe un espace intercellulaire de quelques dizaines d'angströms (10^{-9} m) entre l'axone du neurone afférent et les dendrites du neurone efférent, la jonction entre deux neurones est appelée la synapse.

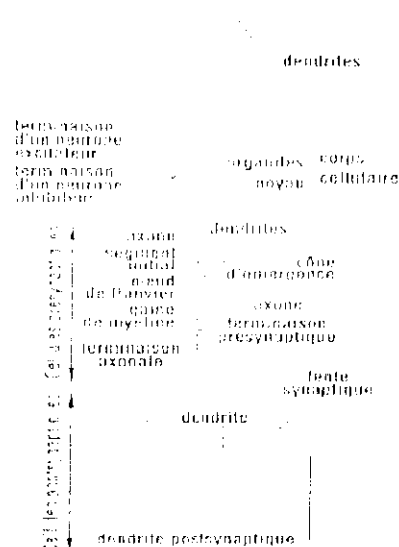


Fig. 1.1. Vue d'un neurone biologique

I.3.2. Le neurone formel [2]

i. Définition

Les réseaux de neurones artificiels sont des réseaux fortement connectés de processeurs élémentaires fonctionnant en parallèle. Chaque processeur élémentaire calcule une sortie unique sur la base des informations qu'il reçoit. Toute structure hiérarchique de réseaux est évidemment un réseau.

ii. L'état des neurones

Un neurone artificiel est un élément qui possède un état interne. Il reçoit des signaux qui lui permettent éventuellement, de changer d'état. Nous noterons S l'ensemble des états possibles d'un neurone. L'état d'un neurone peut alors être défini dans l'intervalle $S = [-1, 1]$, où -1 représente la valeur minimum du signal, et 1 le maximum.

L'état d'un neurone est fonction des états des neurones auxquels il est relié. Pour calculer l'état d'un neurone il faut donc considérer les connexions entre ce neurone et d'autres neurones. Nous définirons par la suite les connexions entre neurones et leur poids.

iii. Les connexions entre neurones

Architecture est le terme le plus général pour désigner la façon dont sont disposés et connectés les différents neurones qui composent un réseau. On parle également de topologie (terme emprunté de la théorie des graphes). Au niveau des neurones on parle plutôt de voisinage. Ce terme fait allusion à la façon dont un neurone est connecté à d'autres neurones. Il est donc en rapport direct avec l'architecture du réseau. Voyons de plus près la signification du mot voisinage dans une architecture de réseaux de neurones.

a. Le voisinage

Le voisinage d'un neurone est l'ensemble des neurones connectés à ce neurone. On parle de voisinage d'ordre n pour un neurone i , s'il y a n neurones connectés à ce neurone. Les connexions entre neurones ont souvent un sens.

b. Les connexions

Une connexion est un lien établi explicitement entre deux neurones. Les connexions sont aussi appelées synapses, en analogie avec le nom des connecteurs des neurones réels. Une connexion entre deux neurones a une valeur numérique associée appelé poids de connexion.

c. Les poids des connexions

Le poids de connexion w_{ij} entre deux neurones j et i peut prendre des valeurs discrètes dans Z , ou bien continues dans R . L'information qui traverse la connexion sera affectée par la

valeur du poids correspond. Une connexion avec un poids $w_{ij} = 0$ est équivalente à l'absence de connexion.

On définit une matrice des poids de connexions \mathbf{W} où les lignes et les colonnes correspondent aux neurones et chaque valeur w_{ij} représente le poids de la connexion entre la cellule j et la cellule i du réseau.

d. Description d'un neurone formel

Un neurone formel ou artificiel est un opérateur mathématique très simple. Un neurone possède des entrées qui peuvent être les sorties d'autres neurones, ou des entrées de signaux extérieures, et une sortie. La valeur de la sortie résulte du calcul de la somme des entrées, pondérées par des coefficients (dits poids de connexions ou poids synaptiques) et du calcul d'une fonction non linéaire (dite fonction d'activation) de cette somme pondérée. L'état du neurone, appelé aussi activité, est défini comme la somme pondérée de ses entrées. Son schéma de fonctionnement est donné en figure I.2. L'information est ainsi transmise de manière unidirectionnelle. Un neurone se caractérise par trois concepts: son état, ses connexions avec d'autres neurones et sa fonction d'activation.

Nous utiliserons par la suite les notations suivantes.

- S_i : l'état à la sortie du neurone i .
- e_j ($j = 1, 2, \dots, p$): les entrée de neurone
- f_i : la fonction d'activation associée au neurone i .
- w_{ij} : le poids de la connexion entre les neurones j et i .
- w_{i0} : le poids de la connexion entre le neurone biais (+1) et les neurones i .

Ainsi, le neurone i recevant les informations de p neurones effectue l'opération suivante :

$$S_i = f \left(\sum_{j=1}^p w_{ij} e_j + w_{i0} \right) \quad (I.1)$$

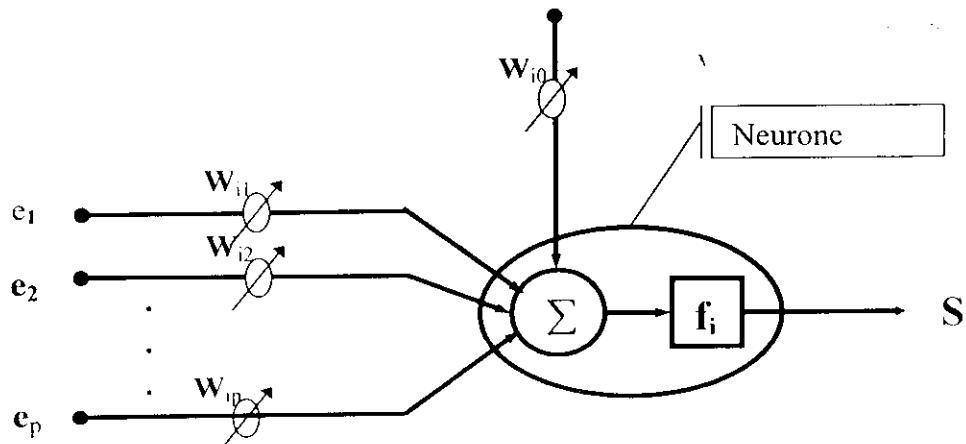


Fig. I.2. Schéma de fonctionnement d'un neurone *formel*.

e. La fonction d'activation d'un neurone formel [3]

La fonction d'activation définit la valeur de sortie d'un neurone en termes des niveaux d'activité de ses entrées.

Il existe plusieurs types de fonctions d'activation on utilise le plus souvent les fonctions d'activations suivantes:

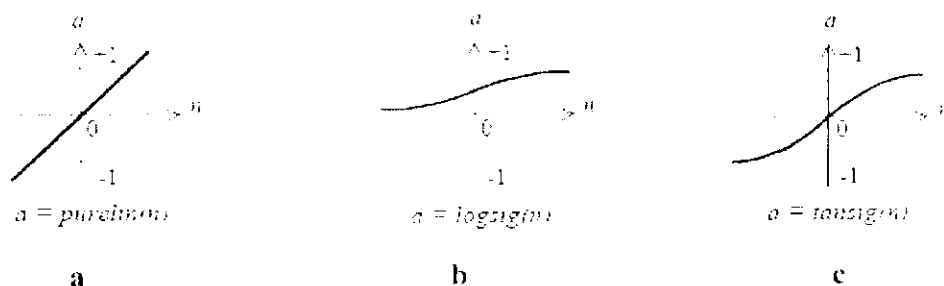


Fig. I.3. Les différents types de fonction d'activation: a) Linéaire, b) Sigmoïde exponentielle, c) Sigmoïde tangentielle. [3]

- La **fonction identité (linéaire)**: $f(x) = x$

Les neurones dont la fonction d'activation est la fonction linéaire sont appelés neurones linéaires.

- La **fonction sigmoïde**: $f(x) = \frac{\exp(x) - 1}{\exp(x) + 1} = \tanh(x/2)$

C'est la plus utilisée car elle introduit la non linéarité, mais c'est aussi une fonction continue, différentiable et bornée. La fonction sigmoïde a des asymptotes horizontales en $-\infty$ et en $+\infty$. La fonction d'activation peut également être une gaussienne, un échelon, etc.

L'utilisation des fonctions d'activation non linéaires permet l'obtention de modèles statistiques non linéaires. Les réseaux multicouches qui utilisent comme fonction d'activation les sigmoïdes, sont appelés réseaux multicouches quasi linéaires.

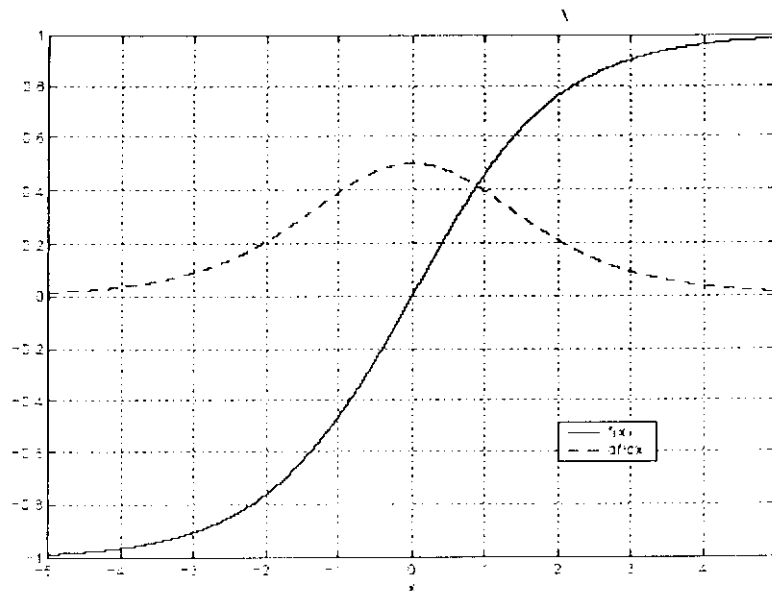


Fig. I.4. Fonction d'activation sigmoïde et sa dérivée première. [1]

I.4. ARCHITECTURE DES RESEAUX DE NEURONES [4]

Un RNA (Réseau de Neurones Artificiels) est un ensemble de neurones formels (d'unités de calcul simples, de noeuds processeurs) associés en couches (ou sous-groupes) et fonctionnant en parallèle.

Dans un réseau, chaque sous-groupe fait un traitement indépendant des autres et transmet le résultat de son analyse au sous-groupe suivant. L'information donnée au réseau va donc se propager couche par couche, de la couche d'entrée à la couche de sortie, en passant soit par aucune, une ou plusieurs couches intermédiaires (dites couches cachées). Il est à noter qu'en fonction de l'algorithme d'apprentissage, il est aussi possible d'avoir une propagation de l'information à reculons ("back propagation"). Habituellement (excepté pour les couches d'entrée et de sortie), chaque neurone dans une couche est connecté à tous les neurones de la couche précédente et de la couche suivante.

Les RNA ont la capacité de stocker de la connaissance empirique et de la rendre disponible à l'usage. Les habiletés de traitement (et donc la connaissance) du réseau vont être stockées dans les poids synaptiques, obtenus par des processus d'adaptation ou d'apprentissage. En ce sens, les RNA ressemblent donc au cerveau car non seulement, la connaissance est acquise au travers d'un apprentissage mais de plus, cette connaissance est stockée dans les connexions entre les entités, soit dans les poids synaptiques.

On peut classer les RNA en deux grandes catégories:

I.4.1. Les réseaux "Feed-Forward" [4]

Appelés aussi "réseaux de type Perceptron", ce sont des réseaux dans lesquels l'information se propage de couche en couche sans retour en arrière possible.

I.4.1.1. Les Perceptrons

i. Le perceptron monocouche

C'est historiquement le premier RNA, c'est le Perceptron de Rosenblatt. C'est un réseau simple, puisque il ne se compose que d'une couche d'entrée et d'une couche de sortie. Il est calqué, à la base, sur le système visuel et de ce fait a été conçu dans un but premier de reconnaissance des formes. Cependant, il peut aussi être utilisé pour faire de la classification et pour résoudre des opérations logiques simples (telle "ET" ou "OU"). Sa principale limite est qu'il ne peut résoudre que des problèmes linéairement séparables. Il suit généralement un apprentissage supervisé selon la règle de correction de l'erreur (ou selon la règle de Hebb).

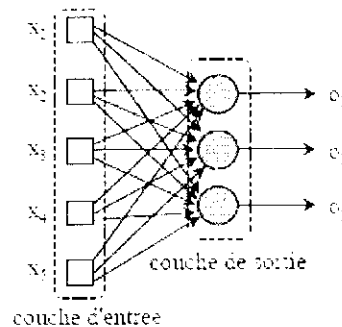


Fig. I.5. Réseaux à une couche.

ii. Le perceptron multicouches

C'est une extension du précédent, avec une ou plusieurs couches cachées entre l'entrée et la sortie. Chaque neurone dans une couche est connecté à tous les neurones de la couche précédente et de la couche suivante (excepté pour les couches d'entrée et de sortie) et il n'y a pas de connexions entre les cellules d'une même couche. Les fonctions d'activation utilisées dans ce type de réseaux sont principalement les fonctions à seuil ou sigmoïdes. Il peut résoudre des problèmes non-linéairement séparables et des problèmes logiques plus compliqués, et notamment le fameux problème du XOR. Il suit aussi un apprentissage supervisé selon la règle de correction de l'erreur.

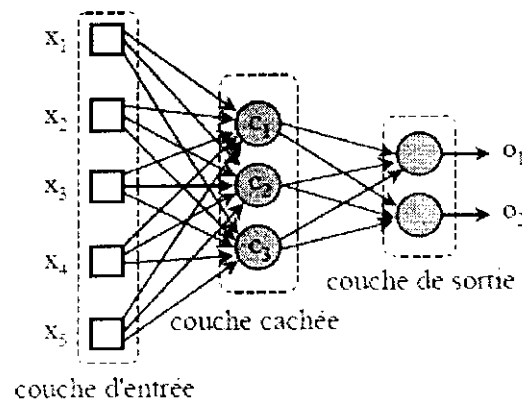


Fig. I.6. Réseaux "FeedForward" multicouches.

I.4.1.2. Les réseaux à fonction radiale

Ce sont les réseaux que l'on nomme aussi RBF ("Radial Basic Functions"). L'architecture est la même que pour les PMC cependant, les fonctions de base utilisées ici sont des fonctions Gaussiennes. Les RBF seront donc employés dans les mêmes types de problèmes que les PMC à savoir, en classification et en approximation de fonctions, particulièrement. L'apprentissage le plus utilisé pour les RBF est le mode hybride et les règles sont soit, la règle de correction de l'erreur soit, la règle d'apprentissage par compétition.

I.4.2. Les réseaux "Feed-Back" [4]

Appelés aussi "réseaux récurrents", ce sont des réseaux dans lesquels il y a retour en arrière de l'information.

I.4.2.1. Les cartes auto-organisatrices de Kohonen

Ce sont des réseaux à apprentissage non-supervisé qui établissent une carte discrète, ordonnée topologiquement, en fonction de patterns d'entrée. Le réseau forme ainsi une sorte de treillis dont chaque noeud est un neurone associé à un vecteur de poids. La correspondance entre chaque vecteur de poids est calculée pour chaque entrée. Par la suite, le vecteur de poids ayant la meilleure corrélation, ainsi que certains de ses voisins, vont être modifiés afin d'augmenter encore cette corrélation.

I.4.2.2. Les réseaux de Hopfield

Les réseaux de Hopfield sont des réseaux récurrents et entièrement connectés. Dans ce type de réseau, chaque neurone est connecté à chaque autre neurone et il n'y a aucune différenciation entre les neurones d'entrée et de sortie. Ils fonctionnent comme une mémoire

associative non-linéaire et sont capables de trouver un objet stocké en fonction de représentations partielles ou bruitées. L'application principale des réseaux de Hopfield est l'entrepôt de connaissances mais aussi la résolution de problèmes d'optimisation. Le mode d'apprentissage utilisé ici est le mode non-supervisé.

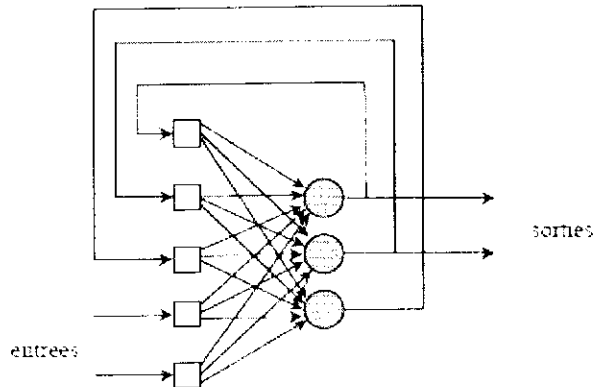


Fig. I.7. Réseaux récurrents (réseaux de Hopfield)

I.4.2.3. Les réseaux "Adaptative Resonance Theory" (ART)

Les réseaux ART ("Adaptative Resonance Theory") sont des réseaux à apprentissage par compétition. Le problème majeur qui se pose dans ce type de réseaux est le dilemme «stabilité/plasticité». En effet, dans un apprentissage par compétition, rien ne garantit que les catégories formées vont rester stables. La seule possibilité, pour assurer la stabilité, serait que le coefficient d'apprentissage tende vers zéro, mais le réseau perdrait alors sa plasticité. Les ART ont été conçus spécifiquement pour contourner ce problème. Dans ce genre de réseau, les vecteurs de poids ne seront adaptés que si l'entrée fournie est suffisamment proche, d'un prototype déjà connu par le réseau. On parlera alors de résonance. À l'inverse, si l'entrée s'éloigne trop des prototypes existants, une nouvelle catégorie va alors se créer, avec pour prototype, l'entrée qui a engendré sa création. Il est à noter qu'il existe deux principaux types de réseaux ART: les ART-1 pour des entrées binaires et les ART-2 pour des entrées continues. Le mode d'apprentissage des ART peut être supervisé ou non.

I.5. L'APPRENTISSAGE DES RESEAUX DE NEURONES

I.5.1. Définition [5]

On appelle « apprentissage » des réseaux de neurones la procédure qui consiste à estimer les paramètres des neurones du réseau, afin que celui-ci remplisse au mieux la tâche qui lui est affectée.

Dans le cadre de cette définition, on peut distinguer deux types d'apprentissage: l'apprentissage « supervisé » et l'apprentissage « non supervisé ».

- L'apprentissage est dit supervisé lorsque les exemples sont constitués de couples de valeurs de type: valeur d'entrée, valeur de sortie désirée. Tout le problème de l'apprentissage supervisé consiste, étant donné un ensemble d'apprentissage E de N couples (entrée-sortie désirée) $(x_i, y_i)_{i=1,2,\dots,n}$, à déterminer le vecteur des poids W d'un réseau F_w capable de mettre ces informations en correspondance, c'est à dire un réseau tel que:

$$F_w(x_i) = y_i, \quad i = 1, 2, \dots, n. \quad (1.2)$$

- L'apprentissage est qualifié de non-supervisé lorsque seules les valeurs d'entrée sont disponibles. Dans ce cas, les exemples présentés à l'entrée provoquent une autoadaptation du réseau afin de produire des valeurs de sortie qui soient proches en réponse à des valeurs d'entrée similaires. [6]

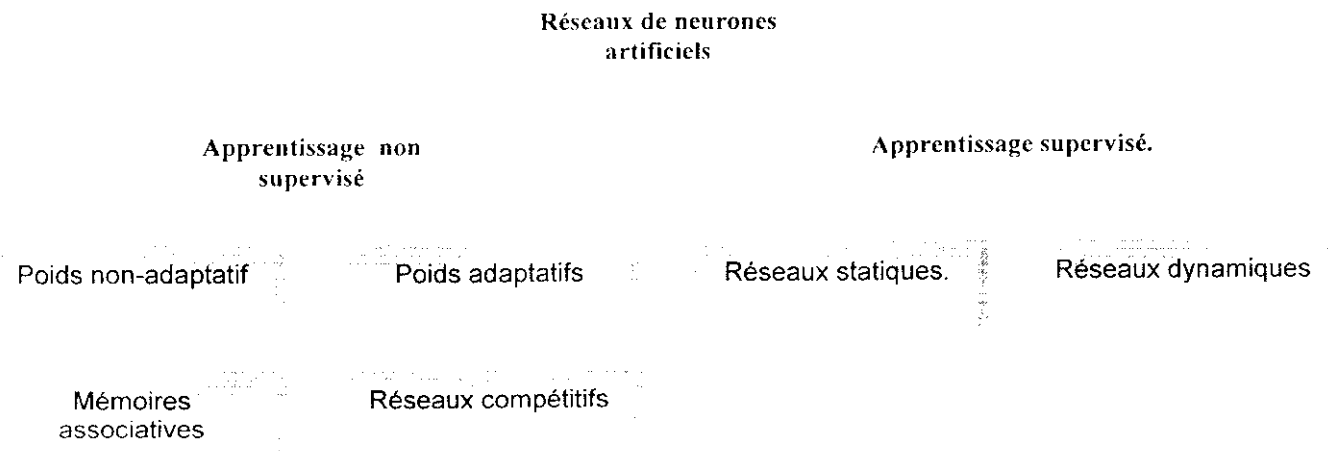


Fig. I.8. Classification des réseaux de neurones suivant leur apprentissage [6]

Dans ce qui suit, nous allons expliciter l'apprentissage supervisé car ce dernier est utilisé lors de l'établissement du réseau de neurones pour l'estimation des propriétés des fractions pétrolières et aussi parce qu'il donne un aperçu sur le réel avantage des R.N.A.

1.5.2. Apprentissage supervisé [5]

L'apprentissage "supervisé", pour les réseaux de neurones formels, consiste à calculer les coefficients (poids synaptique W) de telle manière que les sorties du réseau de neurones soient, pour les exemples utilisés lors de l'apprentissage, aussi proches que possibles des sorties "désirées", qui peuvent être la classe d'appartenance de la forme que l'on veut classer, la valeur de la fonction que l'on veut approcher ou de la sortie du processus que l'on veut modéliser, ou encore la sortie souhaitée du processus à commander. La plupart des algorithmes d'apprentissage des réseaux de neurones formels sont des algorithmes d'optimisation: ils cherchent à minimiser, par des méthodes d'optimisation non linéaire, une fonction de coût qui constitue une mesure de l'écart entre les réponses réelles du réseau et ses réponses désirées.

Cette optimisation se fait de manière itérative, en modifiant les poids en fonction du gradient de la fonction de coût: le gradient est estimé par une méthode spécifique aux réseaux de neurones, dite méthode de rétropropagation, puis il est utilisé par l'algorithme d'optimisation proprement dit. Les poids sont initialisés aléatoirement avant l'apprentissage, puis modifiés itérativement jusqu'à obtention d'un compromis satisfaisant entre la précision de l'approximation sur l'ensemble d'apprentissage et la précision de l'approximation sur un ensemble de test disjoint du précédent. Contrairement à des affirmations maintes fois répétées, l'apprentissage des réseaux de neurones n'est pas spécialement lent: il existe des algorithmes d'optimisation non linéaire extrêmement rapides qui permettent de faire des développements industriels sur de simples PC. L'apprentissage des réseaux de neurones bouclés (pour réaliser des modèles dynamiques) est très semblable à celui des réseaux non bouclés.

1.5.2.1. Retro-propagation du gradient [7]

Mise en application dans les années 80 (Rumelhart et al. 86) (Le Cun 87), la méthode de rétro-propagation du gradient est la méthode la plus utilisée aujourd'hui dans les algorithmes d'apprentissage des réseaux multicouches.

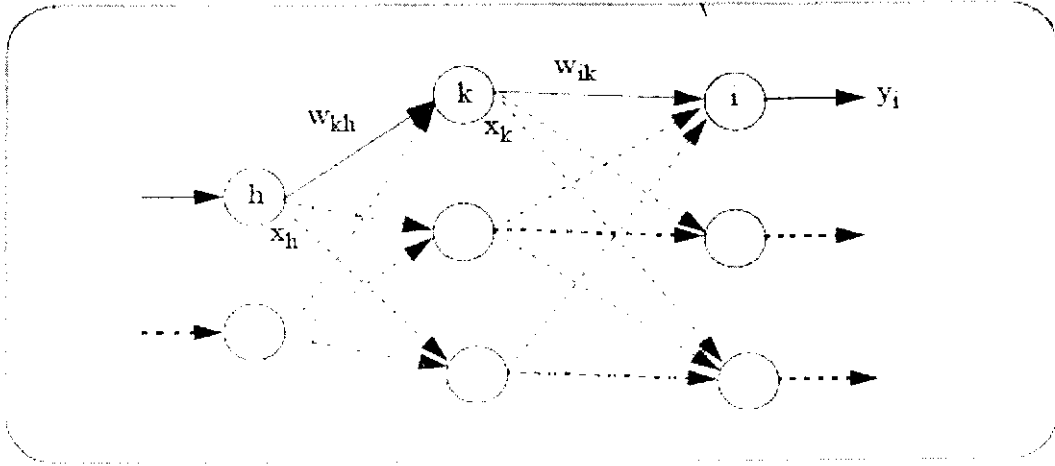


Fig. 1.9. Extrait d'un réseau multicouche

Le principe, détaillé dans (Hérault et Jutten 94) [8], est basé sur la minimisation de l'erreur quadratique E calculée en fonction des n sorties désirées yd , et des n sorties effectivement données y , par le réseau :

$$E = \sum_{i=1}^n (y_i - yd_i)^2 \tag{1.3}$$

Minimiser cette énergie revient alors à modifier les poids des connexions de la manière suivante :

$$\Delta W_{kh}^{(j)} = -\alpha \delta_k^{(j)} \cdot y_h^{(j-1)} \tag{1.4}$$

Avec α le gain d'adaptation, $\delta_k^{(j)}$ l'erreur du neurone k de la couche j et $y_h^{(j-1)}$ la sortie du neurone h de la couche $j-1$.

Pour les neurones de la dernière couche :

$$\delta_k^{(j)} = y_k^{(j)} - yd_k \tag{1.5}$$

Pour les neurones des couches internes :

$$\delta_k^{(j)} = \left[\sum_{i \in \text{couche}(j+1)} \delta_i^{(j+1)} \cdot w_{ik}^{(j+1)} \right] \cdot \sigma'(p_k^{(j)}) \tag{1.6}$$

avec:

$$p_k^{(j)} = \sum_i w_{ki} \cdot x_i \tag{1.7}$$

où x_i correspond à la sortie du neurone i et :

$$\sigma(p_k^{(j)}) = \left(\frac{1}{1 + \exp(-(p_k^{(j)}))} \right) \tag{1.8}$$

et σ' sa dérivée.

L'algorithme de rétropropagation du gradient est un algorithme itératif, les poids sont modifiés à chaque étape selon la règle suivante:

$$W_{kh}(t) = W_{kh}(t-1) + \Delta W_{kh}(t) \quad (I.9)$$

Les poids à l'itération t correspondent aux poids à l'itération $t-1$ plus une correction dépendant du signal d'erreur.

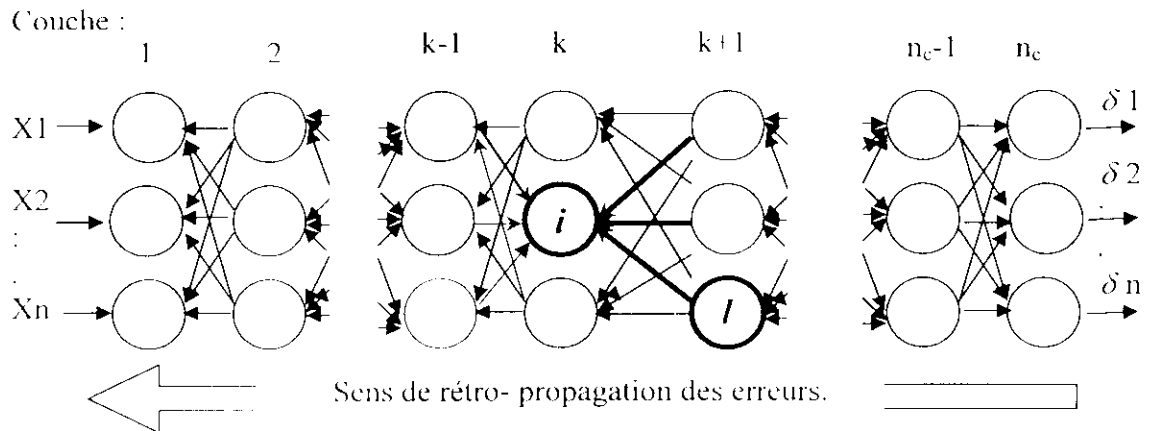


Fig. I.10. Rétro- propagation des gradients [2]

La rétro- propagation des gradients se fait "en amont" de la couche de sortie vers la couche d'entrée. Le gradient de la cellule i dans la couche k est fonction des gradients des cellules l des couches supérieures à $k+1$, etc.

I.5.2.2. Backpropagation avec momentum [6]

D.E.Rumelhart a proposé une solution très efficace pour accélérer la convergence, qui consiste à utiliser les changements précédents des poids pour la réadaptation des poids actuels.

L'équation d'adaptation devient :

$$w_{ij}^l(t+1) = w_{ij}^l(t) + \eta \Delta w_{ij}^l(t) + \alpha \Delta w_{ij}^l(t-1) \quad (I.10)$$

Le terme ajouté est appelé "momentum" (élan, quantité de mouvement), en analogie avec le système mécanique classique, où un objet en mouvement garde l'élan acquis grâce à la quantité de mouvement qui lui a été communiquée précédemment pour accélérer son mouvement (Fig.I.11).

Le paramètre α est utilisé pour pondérer l'effet de ce terme. Sa valeur est généralement prise entre 0.8 et 0.9.

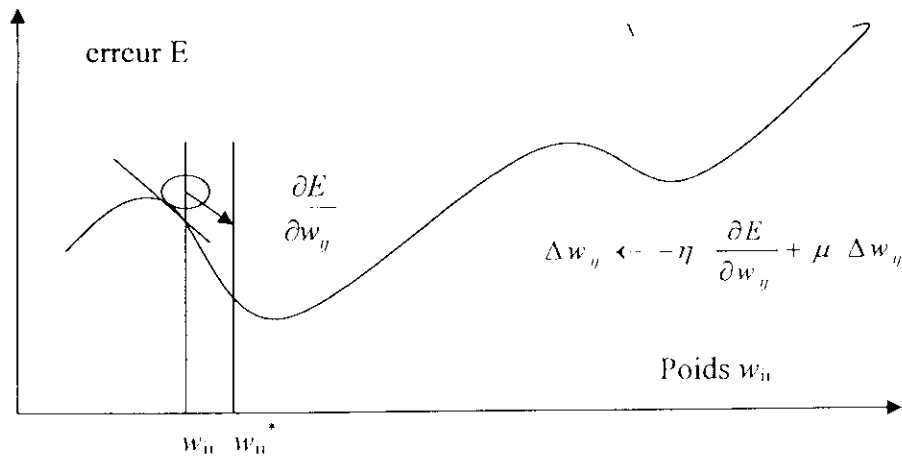


Fig. I.11. Effet du momentum pour échapper d'un minimum

I.6. PROPRIÉTÉ FONDAMENTALE DES RESEAUX DE NEURONES FORMELS [5]

Les réseaux de neurones formels, tels que nous les avons définis dans le paragraphe précédent, possèdent une propriété remarquable qui est à l'origine de leur intérêt pratique dans des domaines très divers: ce sont *des approximateurs universels parcimonieux*.

Sans entrer dans les détails mathématiques, la propriété d'approximation peut être énoncée de la manière suivante: *toute fonction bornée suffisamment régulière peut être approchée avec une précision arbitraire, dans un domaine fini de l'espace de ses variables, par un réseau de neurones comportant une couche de neurones cachés en nombre fini, possédant tous la même fonction d'activation, et un neurone de sortie linéaire*. Cette propriété n'est pas spécifique aux réseaux de neurones: il existe bien d'autres familles de fonctions paramétrées possédant cette propriété: c'est le cas notamment des ondelettes, des fonctions radiales, des fonctions splines, par exemple.

La spécificité des réseaux de neurones réside dans le caractère parcimonieux de l'approximation: à précision égale, les réseaux de neurones nécessitent moins de paramètres ajustables (les poids des connexions) que les approximateurs universels couramment utilisés; plus précisément, le nombre de poids varie linéairement avec le nombre de variables de la fonction à approcher, alors qu'il varie exponentiellement pour la plupart des autres approximateurs.

Nous verrons au paragraphe suivant que c'est cette remarquable parcimonie qui justifie l'intérêt industriel des réseaux de neurones. En pratique, dès qu'un problème fait intervenir plus de deux variables, les réseaux de neurones sont, en général, préférables aux autres méthodes.

Qualitativement, la propriété de parcimonie peut se comprendre de la manière suivante: lorsque l'approximation est une combinaison linéaire de fonctions élémentaires fixées (des monômes par exemple, ou des gaussiennes à centres et écarts-types fixes), on ne peut ajuster que les coefficients de la combinaison; en revanche, lorsque l'approximation est une combinaison linéaire de fonctions non linéaires à paramètres ajustables (un Perceptron multicouches par exemple), on ajuste à la fois les coefficients de la combinaison et la forme des fonctions que l'on combine. Ainsi, dans un Perceptron multicouches, les poids de la première couche déterminent la forme de chacune des sigmoïdes réalisées par les neurones cachés, et les poids de la seconde couche déterminent une combinaison linéaire de ces fonctions. On conçoit facilement que cette souplesse supplémentaire, conférée par le fait que l'on ajuste la forme des fonctions que l'on superpose, permet d'utiliser un plus petit nombre de fonctions élémentaires, donc un plus petit nombre de paramètres ajustables. Nous allons voir dans le paragraphe suivant pourquoi cette propriété de parcimonie est précieuse dans les applications industrielles.

1.7. RESEAUX DE NEURONES ET REGRESSION NON LINEAIRE [5]

Dans la pratique, on n'utilise pas les réseaux de neurones pour réaliser des approximations de fonctions *connues*. Le plus souvent, le problème qui se pose à l'ingénieur est le suivant: il dispose d'un ensemble de mesures de variables d'un processus de nature quelconque (physique, chimique, économique, financier, ...), et du résultat de ce processus; il suppose qu'il existe une relation déterministe entre ces variables et ce résultat, et il cherche une forme mathématique de cette relation, valable dans le domaine où les mesures ont été effectuées, sachant que (1) les mesures sont en nombre fini, que (2) elles sont certainement entachées de bruit, et que (3) toutes les variables qui déterminent le résultat du processus ne sont pas forcément mesurées. En d'autres termes, l'ingénieur cherche un *modèle* du processus qu'il étudie, à partir des mesures dont il dispose, et d'elles seules : on dit qu'il effectue une modélisation "boîte noire". Dans le jargon des réseaux de neurones, les données à partir desquelles on cherche à construire le modèle s'appellent des *exemples*.

En quoi la propriété d'approximation parcimonieuse peut-elle être utile pour résoudre ce genre de problèmes ? Ce que l'ingénieur cherche à obtenir à l'aide de son modèle, c'est la "vraie" fonction qui relie la grandeur y_p que l'on veut modéliser aux variables $\{x\}$ qui la déterminent, c'est à-dire la fonction que l'on obtiendrait en faisant une infinité de mesures de y_p pour chaque valeur possible de $\{x\}$; en terme de statistiques, l'ingénieur cherche la fonction de régression de la grandeur à modéliser. Cette fonction est inconnue, mais on peut en

chercher une approximation à partir des mesures disponibles: les réseaux de neurones sont donc de bons candidats pour cela, si la fonction de régression cherchée est non linéaire. Cette approximation est obtenue en estimant les paramètres d'un réseau de neurones au cours d'une phase dite d'apprentissage. C'est ici que la propriété d'approximation parcimonieuse des réseaux de neurones est précieuse: en effet, le nombre de mesures nécessaires pour estimer les paramètres de manière significative est d'autant plus grand que le nombre de paramètres est grand. Ainsi, pour modéliser une grandeur avec une précision donnée à l'aide d'un réseau de neurones, il faut moins de données que pour la modéliser, avec une précision comparable, à l'aide d'une régression linéaire multiple; de manière équivalente, un réseau de neurones permet, avec les mêmes données disponibles, de réaliser une approximation plus précise qu'une régression linéaire multiple.

De manière générale, un réseau de neurones permet donc de faire un meilleur usage des mesures disponibles que les méthodes de régression non linéaires conventionnelles. Ce gain peut être considérable lorsque le processus à modéliser dépend de plusieurs variables: rappelons en effet que le nombre de paramètres (donc de mesures) varie exponentiellement pour les méthodes conventionnelles de régression non linéaire, alors qu'elle varie linéairement pour les réseaux de neurones.

Ainsi, à la lumière de cette propriété fondamentale, la technique des réseaux de neurones apparaît comme une puissante méthode de régression non linéaire: ce n'est donc rien d'autre qu'une extension des méthodes de régression linéaire ou multilinéaires proposées par tous les logiciels qui permettent de faire de la modélisation de données. Contrairement à une croyance répandue, elle ne relève donc pas de l'Intelligence Artificielle au sens classique du terme, mais elle constitue une branche des statistiques appliquées. Il ne faut donc pas être victime du vocabulaire anthropomorphique utilisé (neurones, apprentissage, etc.): le tableau ci-dessous résume les équivalences entre le vocabulaire des statistiques et celui des réseaux de neurones.

RESEAUX DE NEURONES	STATISTIQUES
Choix de l'architecture	Choix de la famille de fonctions destinées à approcher la fonction de régression
Ensemble d'apprentissage	Observations
Apprentissage	Estimation des paramètres de l'approximation de la fonction de régression
Généralisation	Interpolation, extrapolation

Tableau I.1: Réseaux de neurones et statistiques

I.8. LA BASE D'APPRENTISSAGE [9]

La base d'apprentissage est une base de données contenant des couples d'entrées-sorties servant à déterminer les valeurs des paramètres d'un réseau de neurones lors de la phase d'apprentissage supervisé. Le PMC est un interpolateur imparfait des observations contenues dans cette base, puisqu'il commet une erreur aux points d'observations. Or, la base d'exemples n'échantillonne jamais l'espace des données de manière parfaite. Il est souhaitable, pour bien contraindre un PMC, que le nombre de contraintes (nombre d'exemples dans la base d'apprentissage) imposées soit très supérieur au nombre de degrés de liberté du réseau (nombre de poids). Le nombre minimum souhaitable d'exemples est lié à la complexité de la fonction à simuler et à l'architecture du réseau choisie.

En effet, un bon estimateur g est caractérisé par une bonne précision, c'est-à-dire un faible biais et une bonne stabilité, c'est-à-dire une variance faible. Or, ces deux objectifs sont contradictoires. Geman *et al.* (1992) ont développé l'idée suivante : pour un problème donné et des échantillons de taille fixe, un réseau sous-dimensionné aura un biais important et un terme de variance faible. A contrario, un réseau surdimensionné possédera un grand nombre de degrés de liberté et l'optimisation conduira à des solutions pouvant être très différentes, ce qui correspond à une composante de variance importante. L'idée est donc que le biais diminue et que la variance augmente lorsque la taille du réseau augmente. Il y aurait donc une « zone » de bon compromis correspondant à une bonne taille du réseau pour le problème traité et le nombre d'exemples d'apprentissage. Il est généralement bien accepté qu'il soit nécessaire de disposer d'un échantillon de taille N qui soit au minimum de l'ordre de dix fois le nombre de paramètres à déterminer (les poids). Derrière ces considérations générales se dissimule l'irrégularité fréquente de l'échantillonnage: plus dense dans certaines régions de l'espace des données que dans autres. La méthode d'échantillonnage apparaît primordiale.

I.9. LA BASE DE TEST [9]

Du fait des capacités d'approximation universelle des modèles neuronaux, l'apprentissage peut mener à un sur-ajustement de la fonction, on parle aussi de sur-apprentissage. On observe ce genre de problème lorsque l'on utilise un modèle comportant un grand nombre de paramètres pour modéliser une fonction de trop faible complexité. Pour mettre en évidence ce problème on utilise une base de test, autre échantillonnage de l'espace des données. Lors de l'étape d'estimation des paramètres, le phénomène de sur-apprentissage se traduit par une croissance de l'erreur sur les données de la

base de test. Au finale, le réseau sélectionné est alors celui qui minimise l'erreur commise sur la base de test.

I.10. CONCLUSION

Les réseaux multicouches entraînés par l'algorithme de rétropropagation du gradient sont les modèles connexionnistes les plus étudiés et utilisés à ce jour.

Les champs d'application de cette méthode sont très vastes tels que la prédiction, classification, l'identification du processus, la commande du processus et du robot, le traitement d'image et de parole et l'approximation des fonctions.

Il est clair que le réseau apprend les exemples de base d'apprentissage, dont les réponses désirées sont élaborées par le modèle que constitue le superviseur. Si les exemples de la base de données concernent un fonctionnement dans un domaine réduit, le réseau ne saura pas répondre correctement en dehors de ce domaine. Si le superviseur donne des informations erronées le réseau apprendra un modèle erroné.

Si le processus que l'on cherche à modéliser est non stationnaire ou change brutalement, le réseau doit répondre au bon modèle.

D'un point de vue théorique, on sait qu'il existe toujours un réseau à trois couches capable d'approcher toute fonction continue.

Les réseaux de neurones sont des *outils statistiques*, qui permettent d'ajuster des fonctions non linéaires très générales à des ensembles de points; comme toute méthode statistique, l'utilisation de réseaux de neurones nécessite que l'on dispose de données suffisamment nombreuses et représentatives. [5]

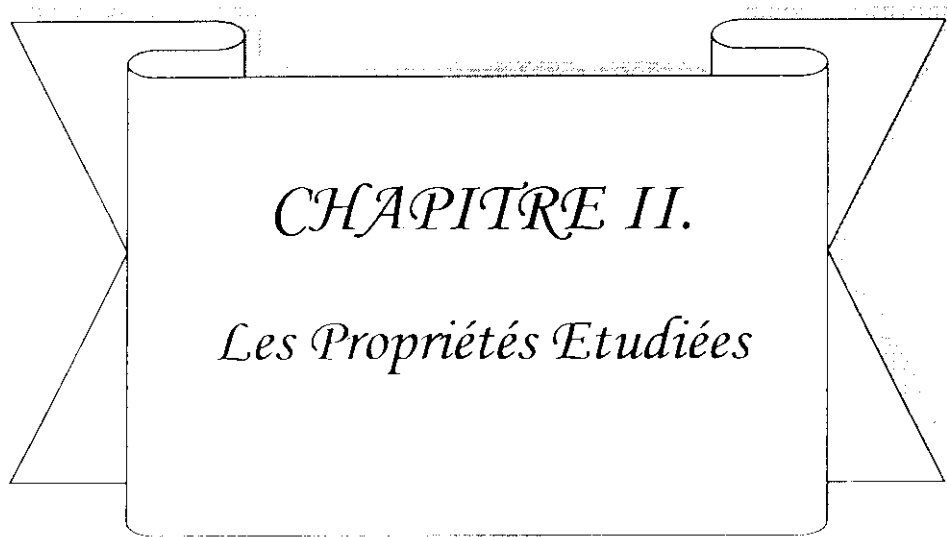
Cependant, pour un réseau donné, on ne connaît pas le nombre optimum de neurones par couches. De plus, on ne sait pas quel est le nombre de couches du réseau de complexité minimale, en nombre de paramètres (connections).

Un nombre de neurones trop petit induit une modélisation insuffisante, mais un trop grand nombre de neurones entraîne une sur paramétrisation du modèle, qui nuira aux performances en généralisation. La taille du réseau et celle de la base d'apprentissage sont liées.

D'un point de vue pratique, la principale difficulté est l'optimisation de la phase d'apprentissage. Le choix de l'architecture adéquat ou la détermination du «pas d'apprentissage» se fait par essais successifs. L'utilisation d'une base indépendante de celle d'apprentissage, appelée base de test permet de déterminer le réseau optimal. On détermine

les poids du réseau à partir de la base d'apprentissage et on calcule les performances sur la base de test. Le réseau « optimal » est celui qui minimise l'erreur commise sur la base de test.

Une autre difficulté est liée aux caractéristiques de la base d'apprentissage, aussi bien en terme de taille et de représentativité que de répartition des exemples. Le nombre d'exemples doit être suffisamment grand devant les paramètres (les poids) à déterminer. Le domaine de validité de l'algorithme neuronal est directement lié à la représentativité des exemples de la base d'apprentissage. L'irrégularité des exemples dans certaines régions de l'espace des données peut conduire à une mauvaise optimisation du réseau. Dans ces conditions, un soin particulier doit être appliqué lors de la création des bases de données: une méthode d'échantillonnage apparaît primordiale.



CHAPITRE II.

Les Propriétés Étudiées

Dans le souci de mieux connaître les propriétés du pétrole, les ingénieurs et chercheurs ont sans cesse essayé de modéliser le comportement de ce fluide. Des modèles mathématiques ont vu le jour pour faciliter l'accès à certaines données qui, très souvent, sont obtenues à l'aide de techniques expérimentales longues et coûteuses.

Notre étude s'est intéressée à l'élaboration d'un modèle permettant le calcul de la tension superficielle, du volume molaire, de la chaleur spécifique, de la température de congélation et du point d'aniline. Ces grandeurs sont nécessaires pour une connaissance approfondie des mélanges complexes d'hydrocarbures qui sont les fractions pétrolières.

II.1. TENSION SUPERFICIELLE [10]

Pour augmenter la surface d'un liquide d'une quantité dS , il est nécessaire pour vaincre les forces de cohésion entre les molécules, de fournir une énergie dGS . La grandeur qui caractérise une surface sera le travail à fournir pour augmenter sa surface libre d'une unité de surface. Cette grandeur est appelée « tension superficielle » que nous avons notée TS et est exprimée en ergs/cm^2 , ou en dyne/cm . Elle s'écrira alors :

$$TS = (dGS/dS)_{T,P} \quad (\text{II.1})$$

Où

dGS : énergie libre de surface ;

dS : surface correspondent à 1 cm^2 .

T : température.

P : Pression.

A la température réduite comprise entre 0,45 et 0,65, la tension superficielle, pour beaucoup de liquides organiques à une valeur variant de 20 à 40 dyne/cm . La valeur de la tension superficielle de l'eau est égale à 72,8 dyne/cm à 20 °C. Pour les métaux à l'état liquide, la tension superficielle est comprise entre 300 et 600 dyne/cm , elle est de 471,6 dyne/cm pour le mercure à 20°C, et de 1819 dyne/cm pour le platine à l'état fondu (2000 °C).

La tension superficielle est une fonction de la température, c'est pour cela qu'il est nécessaire d'indiquer toujours la température à laquelle la mesure a été effectuée. Lorsque la température s'élève le corps se dilate, les forces d'attraction mutuelle de ses molécules internes et celles de ces molécules superficielles diminuent. Aussi la tension superficielle décroît avec l'élévation de la température. A une température donnée pour un liquide, la tension superficielle est mesurée non pas sous la pression atmosphérique, mais à la pression de vapeur saturée.

Différentes méthodes de mesure de la tension superficielle des liquides sont disponibles. Parmi elles nous citons la méthode de la goutte pendante. Basée sur la mesure des dimensions caractéristiques d'une goutte et la méthode dite de la goutte tombante faisant intervenir la mesure du volume d'une goutte par comptage des gouttes, ou encore les méthodes de l'arrachement basées sur la mesure de la force nécessaire pour arracher un étrier ou un anneau placé à l'interface liquide gaz.

La norme américaine propose une méthode normalisée de mesure de la tension superficielle des liquides : ASTM D971-50.

II.2. CHALEUR SPECIFIQUE [11]

La chaleur spécifique représente la quantité de chaleur qu'il faut fournir à l'unité de poids d'une substance pour élever sa température de un degré. Dans le système S.I. elle s'exprime en Kj/Kg K.

On définit les chaleurs spécifiques à pression constante C_p et à volume constant C_v par :

$$C_p = \left(\frac{\Delta H}{\Delta T} \right)_p \quad (II.2)$$

$$C_v = \left(\frac{\Delta U}{\Delta T} \right)_v \quad (II.3)$$

Où ΔH est l'enthalpie et ΔU l'énergie interne de la substance.

En général, la chaleur spécifique isobare est la plus utilisée dans les procédés industriels. A l'état liquide, elle est pratiquement une fonction linéaire de la température. La pression n'a pas d'influence sur les chaleurs spécifiques des gaz au dessous de 1 atmosphère et au dessous de la température critique. Aux pressions élevées, la chaleur spécifique augmente lorsque la pression augmente et atteint l'infini au point critique.

La chaleur spécifique à l'état standard est notée C_p° . Les valeurs des chaleurs spécifiques standard à 298 K sont disponibles dans des tables pour un certain nombre de composés. On notera que plusieurs auteurs fournissent cette propriété en fonction de la température sous une forme telle que :

$$C_p = A + B.T + C.T^2 + D.T^3 \quad (II.4)$$

Où A, B, C et D sont des constantes données pour chaque corps pur.

II.3. TEMPERATURE DE CONGELATION [10]

La température de congélation d'un liquide est la température à laquelle cette substance demeure immobile lorsqu'elle est soumise à un refroidissement dans une éprouvette, celle-ci étant inclinée de 45°.

Cette caractéristique renseigne sur la teneur en produits lourds de la substance, ou encore, sa teneur en composés indésirables à hauts points de congélation tels que les paraffines. Sa connaissance permet d'éviter les problèmes de colmatage lorsque le produit est soumis à des températures basses.

La méthode de mesure de la température de congélation est une manipulation des plus simples au laboratoire. Le plus souvent, elle est régie par des normes telles que :

- Les normes NF1088 et ASTM D1477 pour les carburateurs.
- La norme NF T60-116 pour les gas-oils et les fuels.
- La norme NF T60-105 pour les huiles lubrifiantes.

II.4. VOLUME MOLAIRE [10]

Le volume molaire d'un corps pur, défini par le volume qu'occupe une mole de ce corps à la température T, est généralement déterminée en utilisant la formule suivante:

$$V_M = M/d \quad (II.5)$$

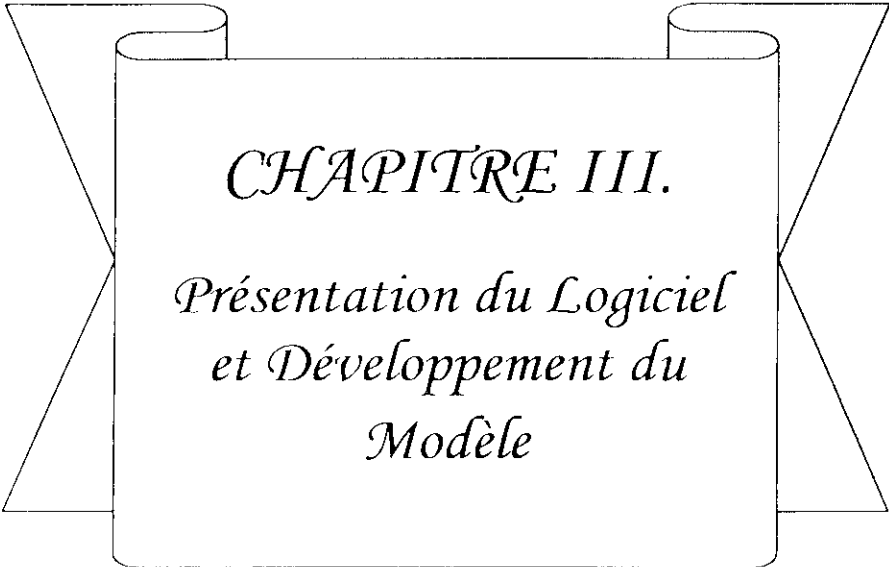
Où M est la masse molaire et d la densité à la température de mesure T.

II.5. POINT D'ANILINE [10]

Le point d'aniline a été défini pour caractériser l'aromaticité des produits pétroliers. Il représente la température la plus basse à laquelle des volumes égaux d'aniline et de produit sont complètement miscibles.

La méthode de mesure du point d'aniline des produits pétroliers est régie par des normes telles les normes ASTM D61164 et NFM.07.021.

Le principe de mesure consiste à chauffer deux volumes de 10 cm³ d'aniline et de produit dans un tube agité mécaniquement et ce jusqu'à l'obtention d'une seule phase. Le refroidissement à une vitesse constante du mélange homogène entraînera l'apparition d'un trouble net à une température donnée correspondante au point d'aniline.



CHAPITRE III.

*Présentation du Logiciel
et Développement du
Modèle*

III.1 PRÉSENTATION DU LOGICIEL

Pour la détermination des propriétés physiques et thermodynamiques des fractions pétrolières à l'aide de réseaux de neurones nous avons choisi de travailler sous environnement MATLAB 6.1 dans ce qui suit nous donnons un aperçu sur ce logiciel.

Matlab (MATrix LABoratory) est un logiciel de calcul numérique produit par MathWorks. Il est disponible sur plusieurs plateformes.

Matlab est un langage simple et très efficace, optimisé pour le traitement des matrices, d'où son nom. Pour le calcul numérique, il est beaucoup plus concis que les "vieux" langages (C, Pascal, Fortran, Basic). Un exemple: plus besoin de programmer des boucles modifier pour un à un les éléments d'une matrice. On peut traiter la matrice comme une simple variable. Matlab contient également une interface graphique puissante, ainsi qu'une grande variété d'algorithmes scientifiques.

On peut enrichir Matlab en ajoutant des "boîtes à outils" (*toolbox*) qui sont des ensembles de fonctions supplémentaires, profilées pour des applications particulières (réseaux de neurones, traitement de signaux, analyses statistiques, optimisation, etc.). [12]

Interface graphique de la boîte à outils de réseaux des neurones [3]

L'interface utilisateur graphique (Graphical User Interface, GUI) est conçue pour être simple et facile à utiliser, nous donnons un exemple simple:

L'exemple suivant traite un réseau de neurones de type perceptron multicouches "FeedForward", où nous passons par toutes les étapes de créer un réseau, le visualiser, l'entraîner, le simuler, et même exporter les valeurs de sortie, ou importer les valeurs d'entrée ou encore les sauvegarder.

Pour commencer, taper la commande `mntool` dans la ligne de commande de MATLAB. La fenêtre suivante apparaît:

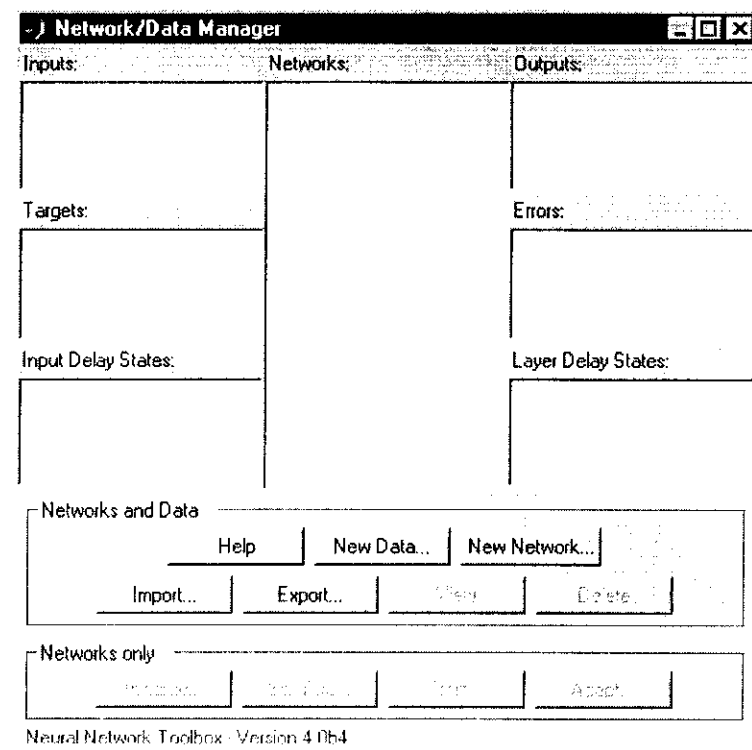


Fig. III.1. Interface graphique de Boîtes à outils de réseaux des neurones

Première étape: Création des données

Avant de créer un réseau il faut d'abord introduire les données d'entrée qui sont dans notre cas la température moyenne d'ébullition T_{mav} , la densité d et l'indice de réfraction n des fractions pétrolières qui permettent l'apprentissage du réseau. Il peut y avoir plusieurs types d'entrées, mais celles utilisées dans notre cas sont:

- **Inputs:** qui représente les données utilisées pour l'apprentissage du réseau et celles utilisées pour les valeurs tests (T_{mav} , d , n).
- **Targets:** ce sont les valeurs cibles qui doivent être atteintes par le réseau.

Pour définir ces données, cliquer sur le bouton **New Data**, et une nouvelle fenêtre apparaît, **Creat New Data**. (Fig. III.2)

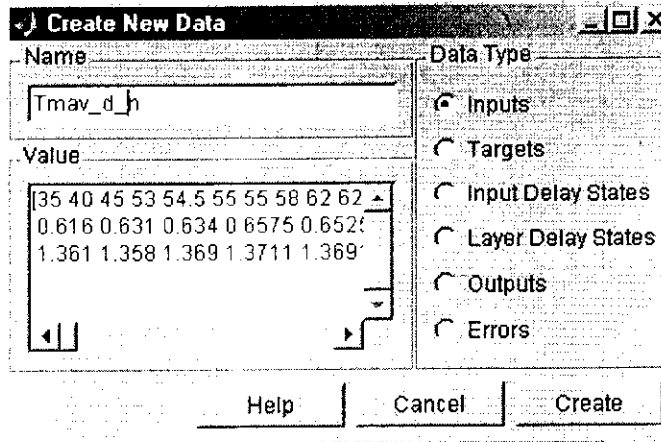


Fig. III.2. Fenêtre de saisie les données

Cliquer sur le bouton **Cre**at pour créer réellement un dossier d'entrée Tmav_d_n (par exemple). La fenêtre **Network/Data Manager** monte et Tmav_d n est montre comme entrée.

Deuxième étape: Création du réseau

Pour créer un réseau, on clique sur le bouton **New Network**, la fenêtre **Create New Network** apparaît (Fig.III.3), on donne un nom au réseau, puis on choisit le type de réseau préprogrammé. Le Feed-foward Backpropagation (réseau multicouche Feed-Forward entraîné par l'algorithme de rétropropagation de gradient) est tout désigné pour ses propriétés de convergence et ses capacités d'approximations. Puis on sélectionne le domaine des données d'entrée.

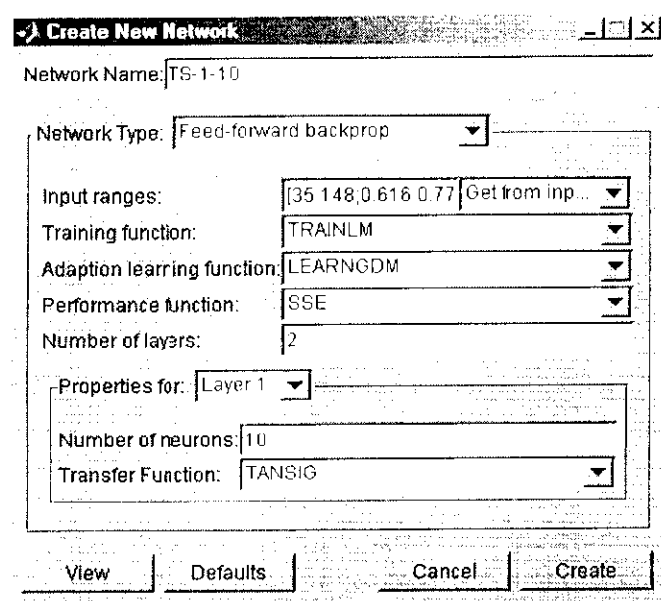


Fig. III.3. Fenêtre de création de réseaux

Il reste alors à déterminer les composantes du réseau: l'algorithme d'apprentissage, la fonction d'adaptation, la fonction de performance, le nombre de couches de neurones, les fonctions d'activation ainsi que le nombre de neurones dans chaque couche.

Dans le cadre de notre projet, ces paramètres, considérés comme étant des variables, ont été choisis après plusieurs essais de telle sorte que les réseaux établis soient optimisés et donnent les meilleurs résultats. (Voir paragraphe Développement du modèle)

Après on pourra regarder le réseau en cliquant sur **View**, (Fig. III.4) par exemple.

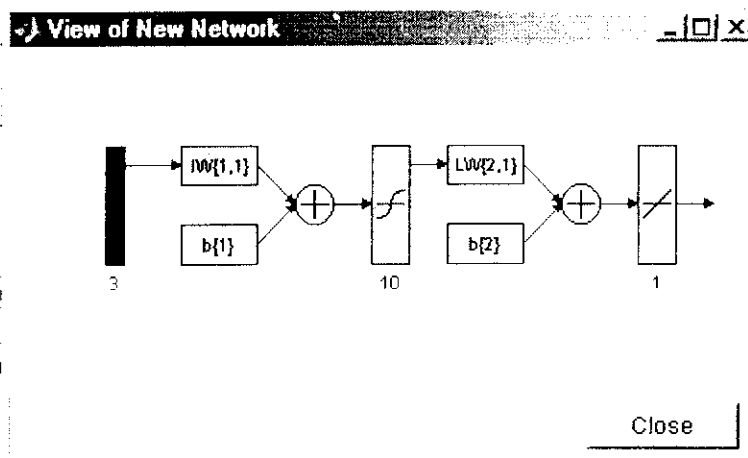


Fig. III.4. Fenêtre d'affichage d'architecture du réseau et leur paramètre

Cette figure représente la création d'un réseau composé de deux couches (une couche cachée et une couche de sortie) avec une entrée simple (composé de trois éléments), une fonction d'activation de type sigmoïde tangentielle pour la couche cachée, et une fonction d'activation de type linéaire pour la couche de sortie.

Troisième étape: Apprentissage du réseau "Feed-Forward"

Après avoir créé le réseau Feed-Forward, on le sélectionne en cliquant sur le bouton **Train**, la fenêtre d'apprentissage apparaît (Fig.III.5)

A chaque volé de la fenêtre on sélectionne la banque de donnée appropriée, qui nous permet alors de simuler, entraîner et adapter le réseau. On peut également vérifier l'initialisation en cliquant sur l'angle supérieur **Initialize**. Cliquer maintenant sur l'angle supérieur **Train**.

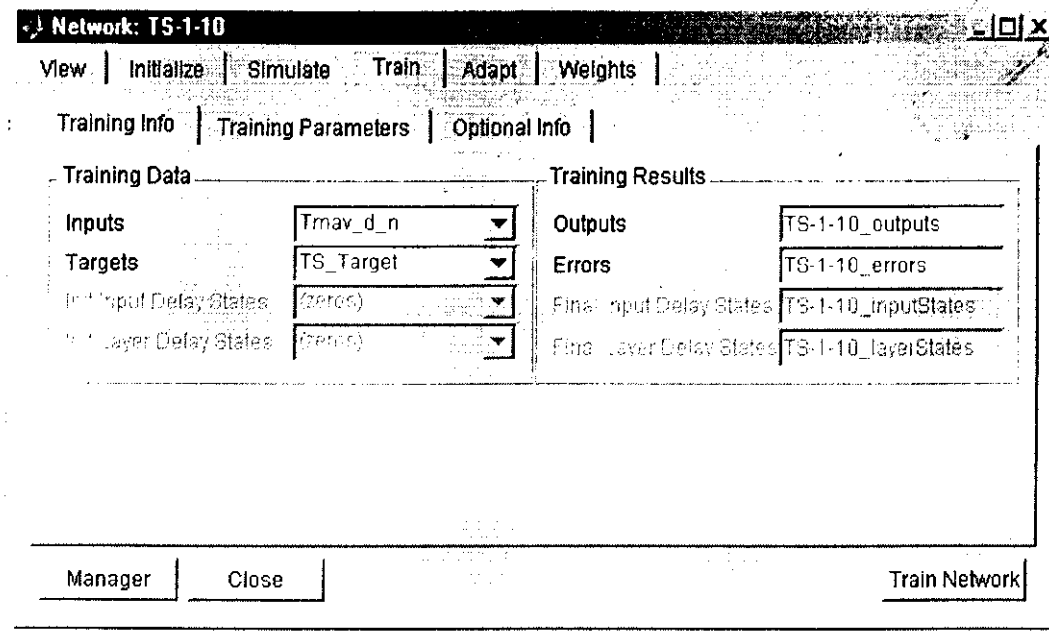


Fig. III.5. Fenêtre d'apprentissage du réseau

Puis cliquer sur l'angle **Training Parameters** (Fig. III.6). Cette opération montre les paramètres tels que les époques et l'erreur désirée (Error goal). Ces paramètres peuvent être changés dans le but d'optimiser la phase d'apprentissage.

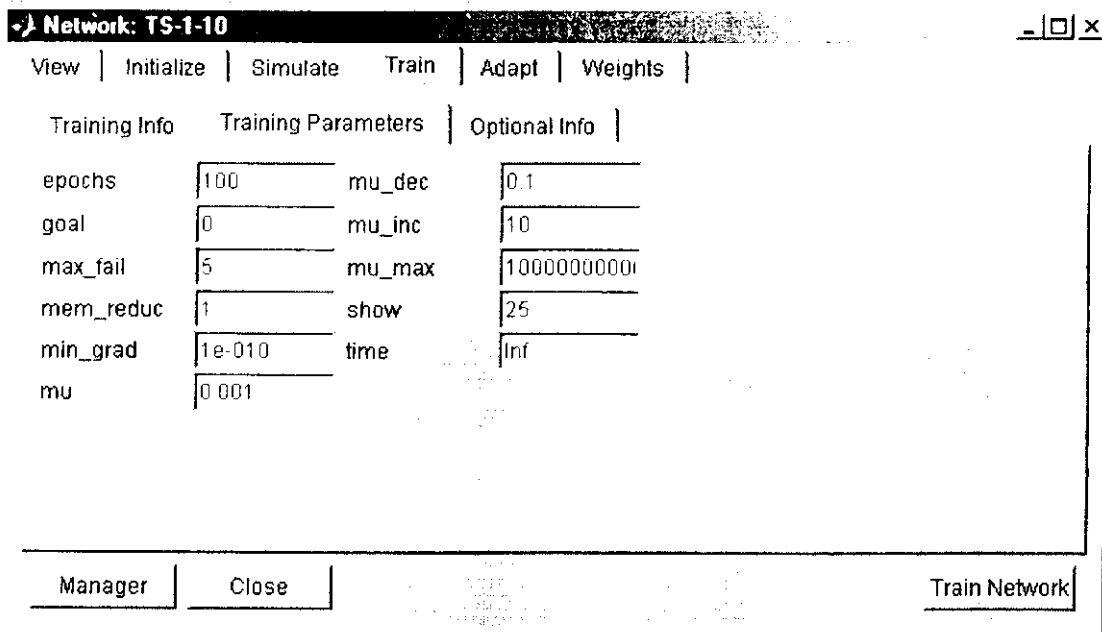


Fig. III.6. Paramètres de la phase d'apprentissage

Cliquer sur **Train Network** pour entraîner le réseau de Feed-Forward. Lors de l'apprentissage un graphique apparaît automatiquement présentant l'état d'avancement de l'apprentissage (Fig.III.7). Ce dernier peut être arrêté de plusieurs manières:

- Manuellement, c'est-à-dire en cliquant sur le bouton d'arrêt.
- La valeur de l'erreur désirée atteinte la valeur fixée.
- Le nombre d'époques atteinte la valeur fixée.

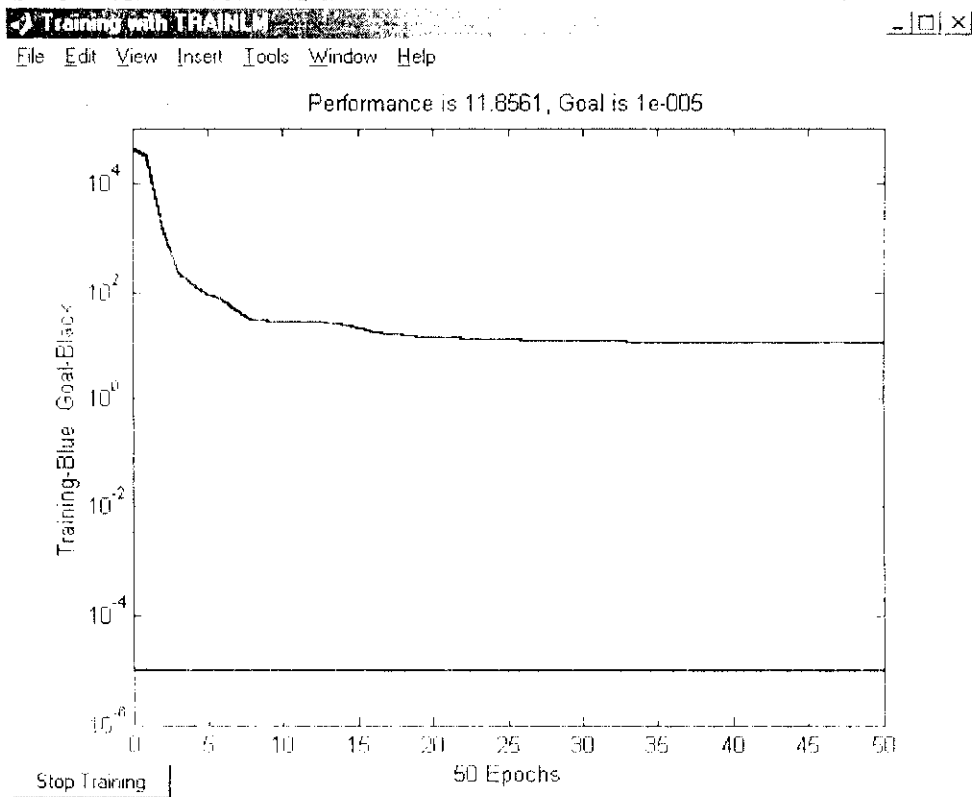


Fig. III.7. Graphique de l'évolution de l'apprentissage.

Après avoir effectué l'apprentissage il nous reste juste à adapter les données test au réseau c'est-à-dire, introduire les variables d'entrée de la banque de test pour obtenir les valeurs estimées par le réseau.

III.2. DEVELOPPEMENT DU MODELE

Afin de réaliser l'approximation de la fonction souhaitée, à partir d'échantillons généralement bruités, à l'aide d'un réseau de neurones, on procède de la manière suivante:

La première étape de cette partie à consister à recenser des données expérimentales concernant les coupes pétrolières issues de différentes origines.

Dans le cas de certaines fractions pétrolières dont les valeurs expérimentales ne sont pas disponibles, nous avons utilisé alors pour les déterminer une corrélation, basée sur le nombre d'atomes de carbone équivalent élaborée au niveau du Laboratoire de Valorisation des Energies Fossiles. [13], [14], [15]

III.2.1. Choix de l'échantillon

L'échantillon choisi pour la réalisation de notre étude est constitué de 235 fractions pétrolières issues de pétroles d'origines diverses et classées suivant leur température moyenne d'ébullition (Voir Annexe 1).

III.2.1.1. Origine de la banque de données [16]

⇒ Pour les fractions considérées légères de 35 à 150°C, le nombre d'échantillons est de 95 fractions, leur origine est présentée ci-dessous:

Fractions N°: 2, 7, 14, 26, 47, 74, 88 (issues d'un brut algérien de Gellala).

Fractions N°: 1, 3, 8, 15, 18, 23, 35, 48, 65, 75 (issues d'un brut algérien de Hassi Messaoud « solvant léger »).

Fractions N°: 16, 17, 19, 24, 36, 49, 66, 76, 86, 89 (issues d'un brut algérien de Hassi Messaoud « solvant lourd »).

Fraction N° :60, (issue d'un brut algérien d'Ohanet).

Fraction N° :44, (issue d'un brut algérien de Zarzaitine).

Fractions N° :21, 25, 28, 37, 42, 50, 57 (issues d'un brut algérien de Rastomb).

Fractions N° :22, 51, 77, 90 (issues d'un brut algérien de Hassi R'mel).

Fractions N° :30,91 (Private communication 1977).

Fractions N° :4, 5, 6, 9, 10, 11, 12,13, 20, 27, 29, 31,32, 33, 34, 38, 39, 40, 41, 43, 45, 46, 52, 53, 54, 55, 56, 58, 59, 61, 62, 63, 64, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 87, 92, 93, 94, 95 (bank of data collected at Penn State from private open literature and government sources).

Ces fractions ont été classées dans l'ordre croissant de leur température moyenne d'ébullition de 35 à 150°C. Tableau A.1.1

⇒ Pour les fractions considérées moyennement lourdes de 150 à 300°C, le nombre d'échantillons est de 65 fractions, leur origine est présentée ci-dessous:

Fractions N° :7, 23 (issues d'un brut algérien de Gellala).

Fractions N°: 8, 16, 18, 19, 24, 36, 49, 66, 76, 86, 89 (issues d'un brut algérien de Hassi Messaoud « solvant lourd »).

Fractions N° :1, 2, 10, 13,15, 20, 21, 26, 31,33, 34, 35, 39, 40, 44 (Private communication 1977).

Fractions N° :1, 16 (issues d'un brut algérien de Hassi R'mel).

Fractions N°:3, 4, 5, 6, 9,11, 12, 14, 16, 17, 19, 27, 28, 29, 30, 32, 37, 38, 43, 47, 48, 50, 51, 52, 53, 54, 56,57, 59, 60, 61 (bank of data collected at Penn State from private open literature and government sources).

Fraction N°:65 (Van Ness and Van Western 1951)

Fractions N°:36, 62 (Lenoir and Hipkin 1973)

Fractions N° :42, 49, 58. 63 (fractions d'un résidu issu d'un brut algérien)

Ces fractions ont été classées dans l'ordre croissant de leur température moyenne d'ébullition de 150°C à 300°C. Tableau A.1.2

⇒ Pour les fractions considérées lourdes de 300 à 523.89°C, le nombre d'échantillons est de 75 fractions, leur origine est présentée ci-dessous.

Fractions N° :1, 16 (issues d'un brut algérien de Hassi R`mel).

Fractions N°:3, 4, 5, 6, 9,11, 12, 14, 16, 17, 19, 27, 28, 29, 30, 32, 37, 38, 43, 47, 48, 50, 51, 52, 53, 54, 56,57, 59, 60, 61 (bank of data collected at Penn State from private open literature and government sources).

Fractions N°:2, 6, 7, 14, 15, 19, 23, 31, 34,59 (Van Ness and Van Western 1951)

Fractions N°:5, 11, 20 (fractions d'un résidu issu d'un brut algérien)

Fraction N°:3 (Pennzoil 1975)

Fractions N°:4, 44, 49 (A.S.M.F 1953)

Fraction N°:74 (Witco 1973)

Fractions N° :8, 9, 10, 12, 13, 17, 18, 21, 22, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 32, 33, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 45, 46, 47, 48, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 60, 61, 62, 63, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 75 (bank of data collected at Penn State from private open literature and government sources).

Ces fractions ont été classées dans l'ordre croissant de leur température moyenne d'ébullition de 300 à 523.89°C. Tableau A.1.3

III.2.1.2. Mise en œuvre de la banque de données

Après avoir constitué la banque de données, une partie de celle-ci (habituellement 20% de données) n'est pas utilisée lors de la phase d'apprentissage, elle est réservée comme base de test pour évaluer la performance du réseau établi.

Le choix de ces points tests est effectué en prenant un point de la banque de donnée avec un pas de cinq, ce qui permettra de ne pas dépasser les 20%.

III.2.2. Elaboration de la structure du réseau

Parmi toutes les architectures que nous avons citées dans le chapitre I, nous avons opté pour un réseau de type perceptron multicouches (Feed-Forward) composé de trois couches, une seule couche de sortie avec une fonction d'activation linéaire, et une couche cachée de nombre de neurones variable et de fonction d'activation sigmoïde tangentielle. Plusieurs études ont montré que l'apprentissage des réseaux multicouches converge plus rapidement quand la fonction sigmoïde tangentielle est employée plutôt que la sigmoïde exponentielle.

Le nombre de neurones ajustables est un des facteurs fondamentaux de la réussite d'une application : si le réseau possède un trop grand nombre de neurones, c'est-à-dire si le réseau est trop "souple", il risque de s'ajuster au bruit qui est présent dans les données de l'ensemble d'apprentissage, et, même en l'absence de bruit, il risque de présenter des oscillations non significatives entre les points d'apprentissage, donc de posséder de mauvaises propriétés de généralisation: si ce nombre est trop petit, le réseau est trop "rigide" et ne peut reproduire la partie déterministe de la fonction. Le problème de la détermination de l'architecture optimale est resté pendant longtemps un problème ouvert, mais il existe actuellement diverses méthodes, mettant notamment en jeu des tests statistiques qui permettent de déterminer cette architecture pour une vaste classe de réseaux donc, en connaissant la taille de l'échantillon on peut avoir une estimation sur le nombre de neurones cachés.

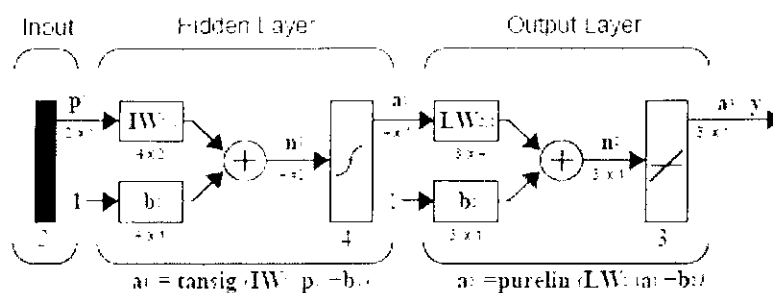


Fig. III.8. Architecture de réseau Feed-Forward élaborée

III.2.3. Choix du paramètre de la phase d'apprentissage

Il est très difficile de savoir quel est l'algorithme d'apprentissage le plus rapide pour un problème donné. ceci dépend de plusieurs facteurs, y compris la complexité du problème, le nombre de points dans la base d'apprentissage, le nombre de poids et biais dans le réseau, l'erreur désirée, ainsi que le réseau utilisé pour l'identification du modèle (analyse discriminante) ou l'approximation de fonction (régression). [3]

Pour la phase d'apprentissage de ces réseaux nous avons établi deux modèles:

Modèle 1 qui utilise l'algorithme d'apprentissage de Levenberg-Marquardt (`trainlm`)

Le plus rapide pour des réseaux de neurones de taille modérée.

Modèle 2 qui utilise l'algorithme d'apprentissage de Levenberg-Marquardt avec régularisation automatique (`trainbr`).

Régularisation automatique: Modification de l'algorithme d'apprentissage de Levenberg-Marquardt pour l'obtention de réseaux qui généralisent bien, et réduit la difficulté de la détermination de l'architecture optimale du réseau.

a) Modèle 1

1. Algorithme d'apprentissage: Levenberg-Marquardt (`trainlm`) [3]

C'est une variante d'algorithme d'apprentissage de rétropropagation du gradient (Backpropagation) visant à améliorer les performances de cet algorithme.

C'est un algorithme d'apprentissage très rapide qui utilise des techniques numériques standard d'optimisation.

Il semble être la méthode la plus rapide pour l'apprentissage de réseaux de neurones "Feed-Forward" de taille modérée (jusqu'à plusieurs centaines de poids).

Une étude menée par l'auteur de guide d'utilisateur de la boîte à outil de réseaux de neurones (*Neural Network Toolbox User's Guide*) a montré que dans les problèmes d'approximation de fonction et pour les réseaux qui contiennent jusqu'à quelques centaines de poids synaptiques, l'algorithme de Levenberg-Marquardt aura la convergence la plus rapide. L'avantage est particulièrement apparent si l'apprentissage très précis est exigé. Dans beaucoup de cas, l'algorithme de Levenberg-Marquardt permet d'obtenir des erreurs quadratiques moyennes inférieures à celles trouvées par d'autres algorithmes utilisés. Cependant, à mesure que le nombre de poids dans le réseau augmente, l'avantage de l'algorithme de Levenberg-Marquardt diminue.

2. Fonction d'adaptation

LearnGdm: Descente de gradient avec momentum de poids et biais.

L'utilisation de cette méthode permet de faire sortir les poids des minimums locaux, afin de chercher d'autres optimums (Fig. III.9), ce qui donne beaucoup de chances d'aboutir à un minimum global. [6]

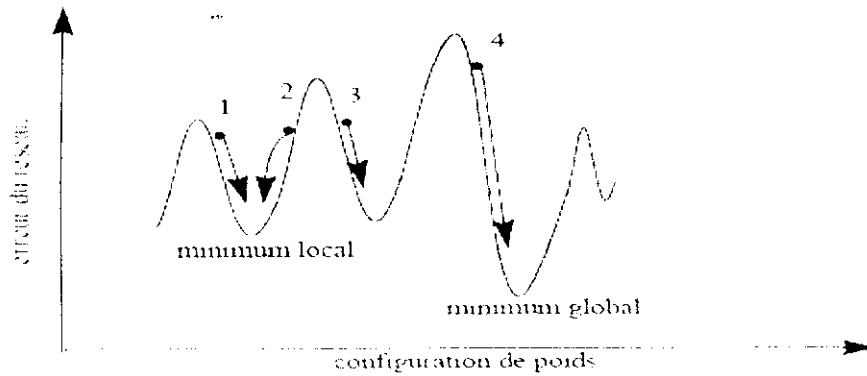


Fig. III.9. Exemple de convergence locale ou globale d'un réseau de neurones. Convergence vers des erreurs correspondant à des minima locaux (configurations 1, 2 et 3) ou à un minimum global (configuration 4). [7]

3. Fonction de performance:

SSI (Sum Square Error) soit la somme de l'erreur quadratique. [3]

Le tableau suivant résume les paramètres choisis :

Paramètres	Choix
Structure du réseau élaboré	Perceptron Multicouches (Feed-Forward)
Données d'entrée	Température moyenne d'ébullition (T_{max}), densité (d) et indice de réfraction (n)
Algorithme d'apprentissage	Levenberg-Marquardt (trainlm)
Fonction d'adaptation	Learnqdm
Fonction de performance	SSI
Nombre de couches	2
Fonction d'activation de la 1 ^{ère} couche	Sigmoïde tangentielle (TANSIG)
Fonction d'activation de la 2 ^{ème} couche	Linéaire (PURELIN)
Nombre d'itération	10000 époques
Erreur désirée	10^{-5}
Pas d'apprentissage	25

Tableau III.1: Paramètres du modèle 1

b) Modèle 2

Un des problèmes qui se produit pendant l'apprentissage des réseaux de neurones s'appelle sur-apprentissage (overfitting). L'erreur sur l'ensemble d'apprentissage est conduite à une valeur très petite, mais quand de nouvelles données sont présentées au réseau l'erreur est grande.

Le réseau a mémorisé les exemples d'apprentissage, mais il n'a pas appris à généraliser à de nouvelles situations.

Le sur-apprentissage est un problème complexe qui apparaît lorsque le modèle apprend des détails « bruités » lors de la phase d'apprentissage. Un modèle « bien appris » est un modèle qui passe au plus près des points expérimentaux. Un modèle « sur-appris » est un modèle qui passe exactement par les points expérimentaux mais qui oscille entre ceux-ci (Fig. III.10). Ce phénomène apparaît lorsqu'il y a trop de poids ajustables (et donc de neurones cachés) ou quand l'optimisation de ces poids est poussée trop loin. De tels modèles ont de très faibles performances en terme de prévision [17]. Dans ce travail, afin d'éviter ce genre de phénomènes, on utilise la méthode de régularisation.

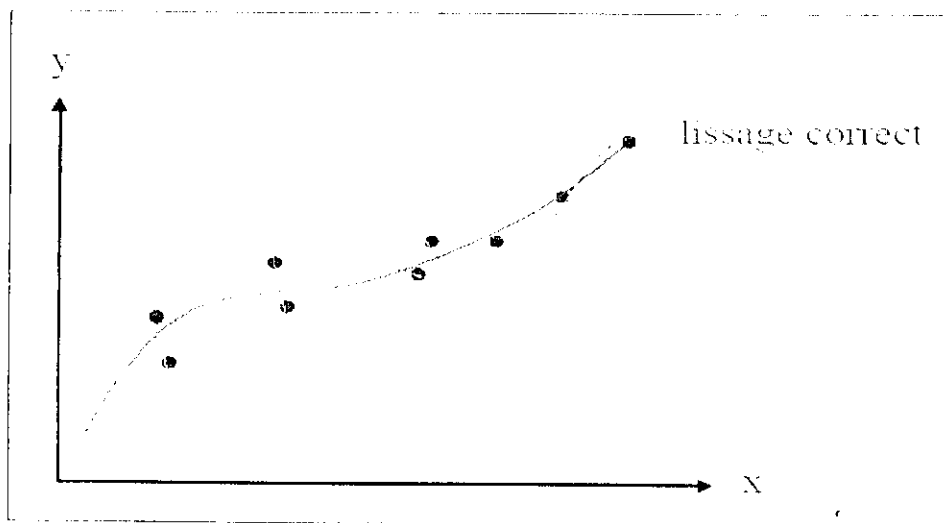


Fig. III.10. Ajustement d'une courbe à un nuage de points. [17]

1. Régularisation [3], [18]

La méthode de régularisation implique de modifier la fonction de performance, en ajoutant un terme supplémentaire de celle-ci afin de favoriser les fonctions régulières.

1.1. Modification de la fonction de performance

La fonction de performance typique qui est employée pour l'apprentissage du réseau de neurones de type "Feed-Forward" est la somme de l'erreur quadratique moyenne.

$$F = mse = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (e_i)^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (t_i - a_i)^2 \quad \text{III.1}$$

Il est possible d'améliorer la généralisation si nous modifions la fonction de performance en ajoutant un terme qui comprend la somme de l'erreur quadratique moyenne des poids et des biais de réseau.

$$msereg = \gamma mse + (1 - \gamma) msw \quad \text{III.2}$$

Où:

γ : est un paramètre de performance qui détermine l'importance relative des deux termes dans la nouvelle fonction de performance.

et:

$$msw = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n w_i^2 \quad \text{III.3}$$

En Employant cette fonction de performance, le réseau aura de plus petit poids synaptiques et biais, et la réponse du réseau ne peut être que plus lisse avec une moindre probabilité de sur-appris.

Toute la difficulté avec la régularisation réside dans le dosage optimal entre la fonction de performance initiale et le terme de régularisation. Si cette grandeur est trop grande, le réseau de neurones peut donc être sur-appris. Si cette grandeur est trop petite, le réseau n'adaptera pas en juste proportion les données d'apprentissage.

La grandeur γ devient donc en fait un paramètre à estimer au même titre que les poids synaptiques du réseau : elle est souvent désignée sous le nom d'hyperparamètre.

1.2. Régularisation automatique [3]

Il est souhaitable de déterminer les paramètres optimaux de régularisation de manière automatisée. Une approche à ce processus est l'approche bayésienne de David MacKay. Sans détailler les fondements théoriques ni la manière de mettre en oeuvre les techniques bayésiennes, une discussion détaillée de régularisation bayésienne est au delà de la portée de ce travail, l'avantage de cette approche est l'utilisation de tous les exemples de la base d'apprentissage pour sélectionner et estimer les paramètres du modèle. La régularisation bayésienne a été mise en application dans l'algorithme d'apprentissage **Trainbr**.

L'algorithme de trainbr fonctionne généralement mieux quand les entrées du réseau et les cibles sont mesurées de sorte qu'elles soit approximativement dans la gamme [- 1,1], si les entrées et les cibles ne sont pas dans cette gamme, on peut employer les fonctions **premmx**, ou **prestd**.

Ceci élimine le travail d'estimation exigé en déterminant la taille optimum de réseau. En utilisant la régularisation bayésienne, il est important d'entraîner le réseau jusqu' à ce qu'il atteigne la convergence. La somme de l'erreur quadratique, la somme de poids quadratique, et le nombre efficace de paramètres devront atteindre des valeurs constantes quand le réseau a convergé.

La régularisation bayésienne fournit généralement une meilleure performance de généralisation, quand les réseaux s'exerçant d'approximation de fonction [3]. C'est parce que la régularisation bayésienne n'exige pas une base de validation séparée à la base d'apprentissage. Elle emploie toutes les données.

2. Codage de l'information [3]

Afin d'améliorer les performances de notre réseau, les données d'une telle caractéristique ne sont plus appliquées directement, une phase de prétraitement consiste à normaliser ces données.

L'apprentissage des réseaux de neurones peut être rendu plus efficace si certaines étapes de prétraitement de données sont faites sur les entrées et les cibles de réseau. Dans cette section, on peut employer la fonction **premmmx** comme suit:

```
[pn,minp,maxp,tn,mint,maxt] = premmmx(p,t);
```

Les entrées et les cibles du réseau original sont données dans les matrices p et t. L'intervalle des entrées et des cibles normalisées pn et tn est [- 1,1].

Après que le réseau ait été entraîné, ces vecteurs devraient être employés pour transformer toutes les futures entrées qui sont appliquées au réseau. Ils deviennent efficacement une partie du réseau, juste comme les poids et les biais du réseau.

Puis la sortie du réseau sera entraînée pour produire des sorties dans la gamme [- 1,1]. On peut convertir ces sorties de nouveau dans les mêmes unités qui ont été employées pour les cibles originales, alors on devrait employer la fonction **postmmmx**.

```
an = sim(net,pn);
```

```
a = postmmmx(an,mint,maxt);
```

La sortie du réseau an correspond aux cibles normalisées tn. La sortie du réseau non normalisée a est dans les mêmes unités que les cibles original t.

Pour une nouvelle entrée (base de test) et après l'apprentissage du réseau on normalise celle-ci par l'utilisation de la fonction **trammmx**. Dans le code suivant, nous appliquons un nouvel ensemble d'entrées au réseau que nous avons déjà entraînée.

```
pnewn = trammmx(pnew,minp,maxp);
```

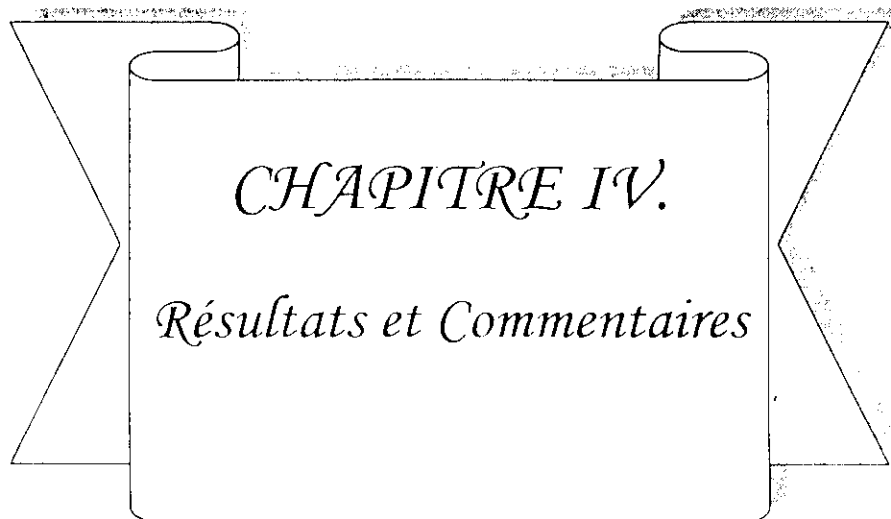
```
anewn = sim(net,pnewn);
```

```
anewn = postmmmx(anewn,mint,maxt);
```

Le tableau suivant résume les paramètres choisis:

Paramètres	Choix
Structure du réseau élaboré	Perceptron Multicouches (Feed-Forward)
Données d'entrées	Température moyenne d'ébullition (T_{mav}), densité (d) et indice de réfraction (n)
Domaines d'entrées	$[-1,1; -1,1; -1,1]$
Algorithme d'apprentissage	Levenberg-Marquardt avec régularisation automatique (trainbr)
Fonction d'adaptation	Learngdm
Fonction de performance	SSE
Nombre de couches	2
Fonction d'activation de la 1 ^{ère} couche	Sigmoïde tangentielle (TANSIG)
Fonction d'activation de la 2 ^{ème} couche	Linéaire (PURELIN)
Nombre d'itération	10000 époques
Erreur désirée	10^{-5}
Pas d'apprentissage	25

Tableau III.2: Paramètres du modèle 2

A decorative banner with a central rectangular box containing text. The banner has a ribbon-like appearance with pointed ends on the left and right sides. The text inside the box is centered and written in a serif font.

CHAPITRE IV.
Résultats et Commentaires

Dans ce chapitre, nous donnons pour chaque type de modèle élaboré et pour chaque propriété étudiée les résultats trouvés.

IV.1. TENSION SUPERFICIELLE

IV.1.1. Modèle 1

1^{ère} partie : Intervalle de température [35-150°C]

Nombre de neurones cachés	Erreur Moy	Erreur Max	Erreur Min
10	1,1510	6,5751	0,0000
11	0,7240	4,4597	0,0000
12	0,6629	5,2030	0,0000
13	0,6820	3,7564	0,0012
14	0,4581	3,0836	0,0002
15	0,9429	7,1844	0,0000
16	0,4596	1,9894	0,0002
17	0,8462	5,8546	0,0000
18	0,7942	2,8699	0,0007
19	0,6282	2,2947	0,0002
20	0,4343	2,6366	0,0000

Tableau.IV.1: Optimisation du nombre de neurones caches.

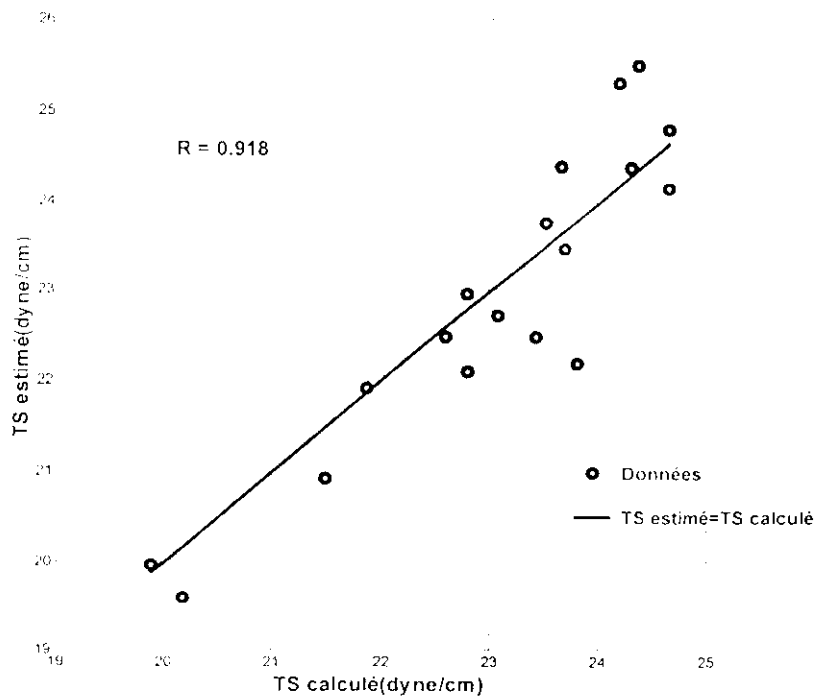


Fig. IV.1. Diagramme de dispersion sur la base de test.

2^{ème} Partie : Intervalle de température [150-300°C]

Nombre de neurones cachés	Erreur Moy	Erreur Max	Erreur Min
10	0,2917	2,6751	0,0000
11	0,6572	2,9956	0,0024
12	0,5756	3,3188	0,0000
13	0,6376	3,0688	0,0109
14	0,4001	2,5511	0,0000
15	0,3662	2,1098	0,0000
16	0,3357	2,6683	0,0000
17	0,4746	2,3100	0,0019
18	0,3172	3,0423	0,0000
19	0,5465	2,0359	0,0000
20	0,3260	1,6434	0,0000

Tableau.IV.2: Optimisation du nombre de neurones cachés.

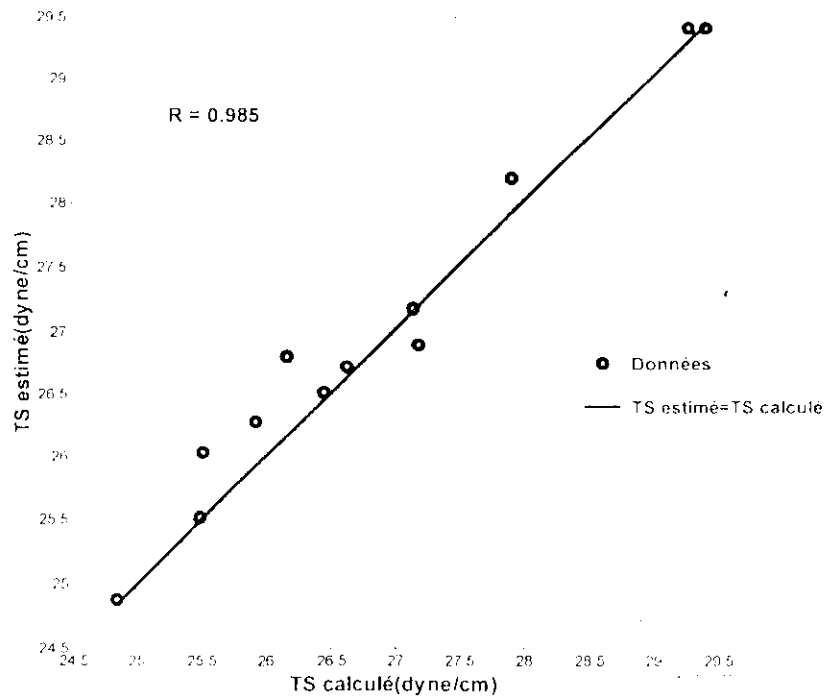


Fig. IV.2. Diagramme de dispersion sur la base de test.

3^{ème} Partie : Intervalle de température [300-524°C]

Nombre de neurones cachés	Erreur Moy	Erreur Max	Erreur Min
10	1,2002	4,3378	0,0000
11	0,8890	6,4980	0,0069
12	0,9455	6,0250	0,0001
13	0,4866	2,3819	0,0000
14	0,8777	5,6733	0,0240
15	0,2863	2,0304	0,0000
16	0,6981	5,7681	0,0000
17	0,9290	6,0236	0,0017
18	0,3461	1,9939	0,0013
19	0,8751	5,6045	0,0013
20	0,1842	1,2589	0,0000

Tableau.IV.3: Optimisation du nombre de neurones cachés.

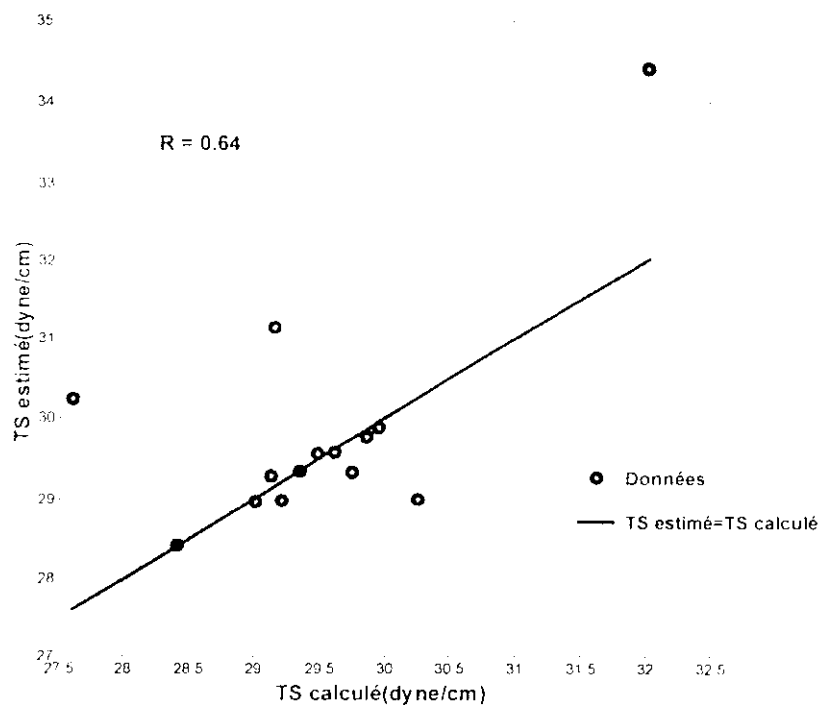


Fig. IV.3. Diagramme de dispersion sur la base de test.

Pour obtenir le résultat optimal, on a effectué une variation du nombre de neurones cachés de 10 à 20. le meilleur réseau pour la 1^{ère} partie est celui qui possède 20 neurones en couche cachée (Tableau.IV.1), la 2^{ème} partie est celui qui possède 10 neurones en couche cachée (Tableau.IV.2), la 3^{ème} partie est celui qui possède 20 neurones en couche cachée (Tableau.IV.3).

Les performances du réseau de neurone élaboré sont évaluées en étudiant ses capacités de généralisation sur la base de test. Les résultats obtenus pour cette propriété avec ce premier

modèle sont présentés sur les diagrammes de dispersions (Fig. IV.1., Fig. IV.2., Fig. IV.3.) qui expriment les valeurs de la tension superficielle estimée par le RN en fonction des valeurs de la banque de données (Voir Annexe 1).

Pour les deux premières parties on constate une bonne dispersion de données autour de la droite TS estimé=TS calculé idéale, avec des coefficients de corrélations (valeurs de R) supérieur à 0,9, la 3^{ème} partie présente une plus grande dispersion par rapport aux deux premières et la valeur de R est de 0,64.

IV.1.2. Modèle 2

Pour cet algorithme d'apprentissage (2^{ème} modèle) le problème d'optimisation du nombre de neurones cachés est presque inexistant, mais nous avons quand même effectué des variations du nombre de neurones cachés, nous trouvons une variation non significative dans le calcul de l'erreur moyenne, ce qui confirme la théorie citée dans le chapitre III. Nous avons retenu un nombre de neurones dans la couche cachée de 10.

1^{ère} partie : Intervalle de température [35-150°C]

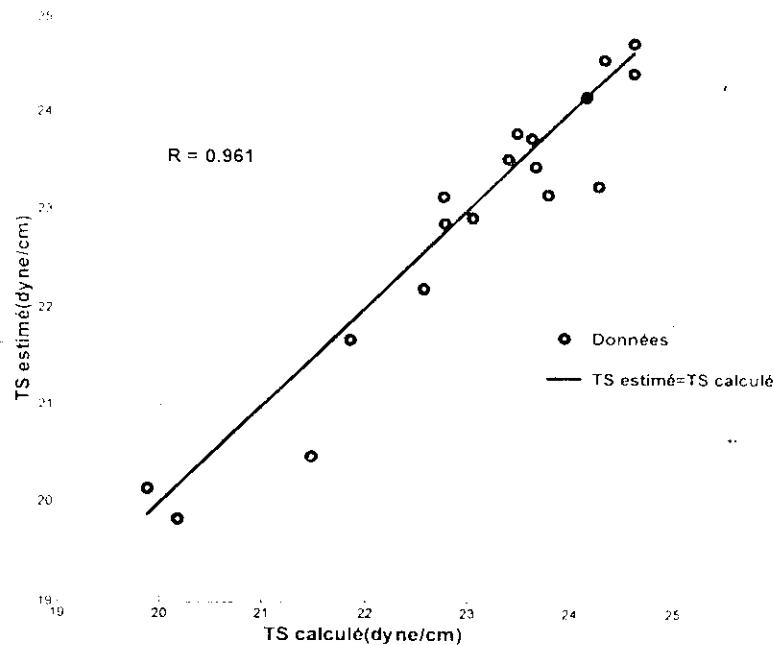


Fig. IV.4. Diagramme de dispersion sur la base de test.

2^{ème} Partie : Intervalle de température [150-300°C]

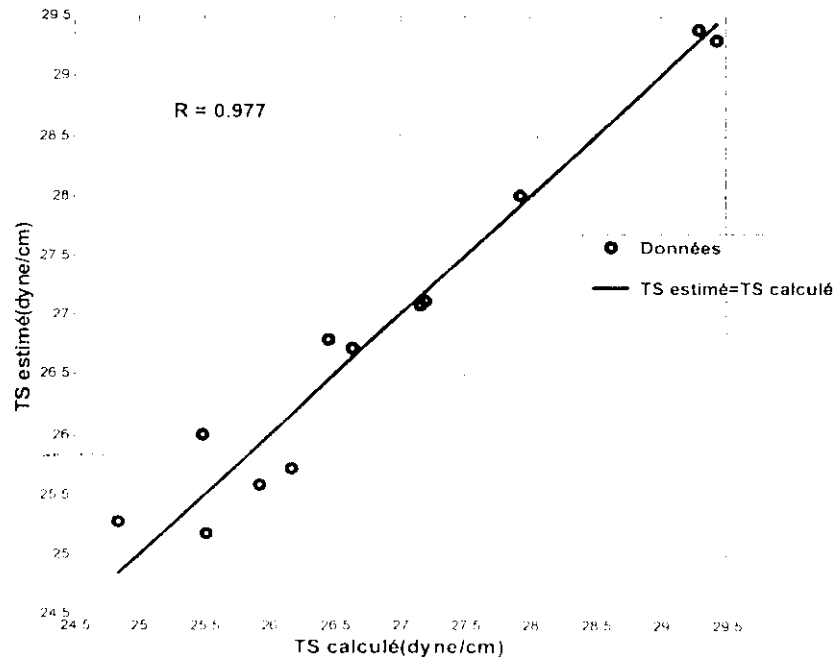


Fig. IV.5. Diagramme de dispersion sur la base de test.

3^{ème} Partie : Intervalle de température [300-524°C]

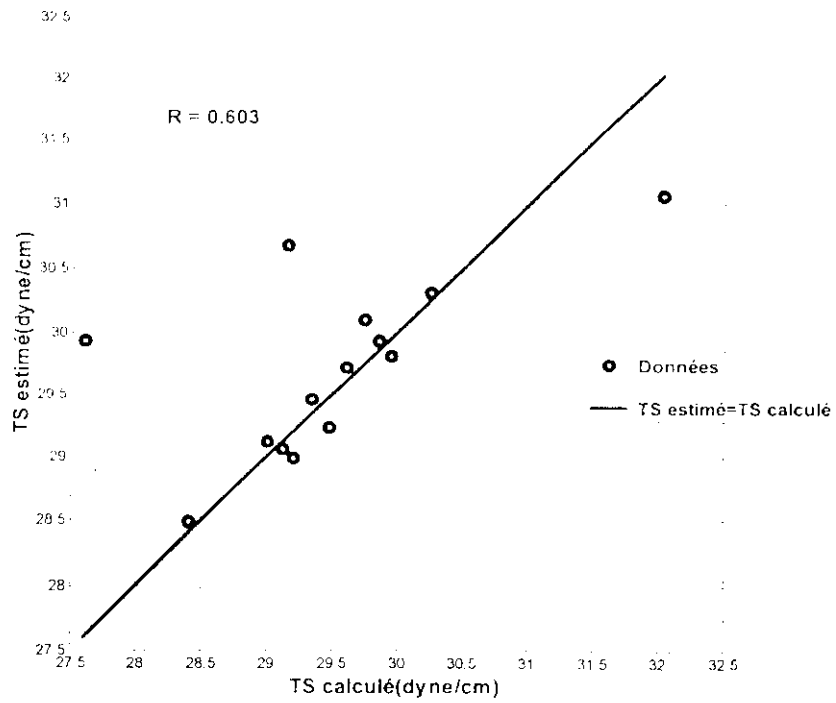


Fig. IV.6. Diagramme de dispersion sur la base de test.

Comme dans le premier modèle, on observe une bonne dispersion de données autour de la droite idéale de pente 1 pour les deux premières parties avec $R=0,961$ et $0,977$ respectivement, par contre la 3^{ème} partie présente de mauvaise dispersion avec $R=0,603$.

IV.2. CHALEUR SPECIFIQUE

IV.2.1. Modèle 1

1^{ère} partie: Intervalle de température [35-150°C]

Nombre de neurones cachés	Erreur Moy	Erreur Max	Erreur Min
10	0,9450	4,2443	0,0000
11	1,3436	5,9741	0,0173
12	1,0469	4,4619	0,0000
13	1,2121	6,4648	0,0000
14	1,1718	5,9752	0,0000
15	0,9612	5,6592	0,0011
16	0,9956	4,3054	0,0088
17	1,2197	6,5015	0,0095
18	0,6502	2,3829	0,0000
19	1,2187	5,7511	0,0000
20	1,0385	4,4679	0,0014

Tableau.IV.4: Optimisation du nombre de neurones cachés

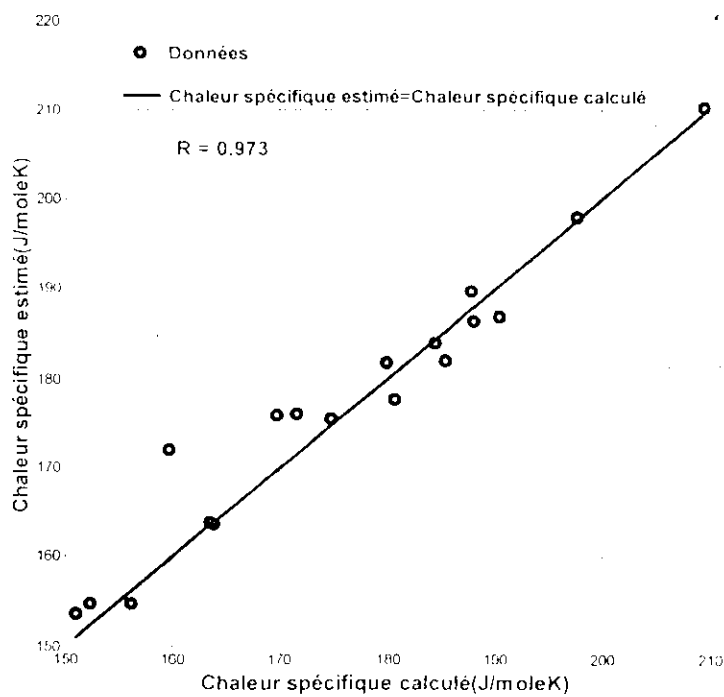


Fig. IV.7. Diagramme de dispersion sur la base de test.

2^{ème} Partie : Intervalle de température [150-300°C]

Nombre de neurones cachés	Erreur Moy	Erreur Max	Erreur Min
10	1,3295	7,5337	0,0301
11	1,3290	7,5425	0,0426
12	1,3295	7,5337	0,0301
13	1,0805	6,3908	0,0027
14	1,3295	7,5337	0,0301
15	1,3114	7,4801	0,0000
16	3,2271	18,8944	0,0996
17	1,3295	7,5337	0,0301
18	1,0805	6,3908	0,0027
19	1,3295	7,5337	0,0301
20	1,3295	7,5337	0,0301

Tableau.IV.5: Optimisation du nombre de neurones cachés.

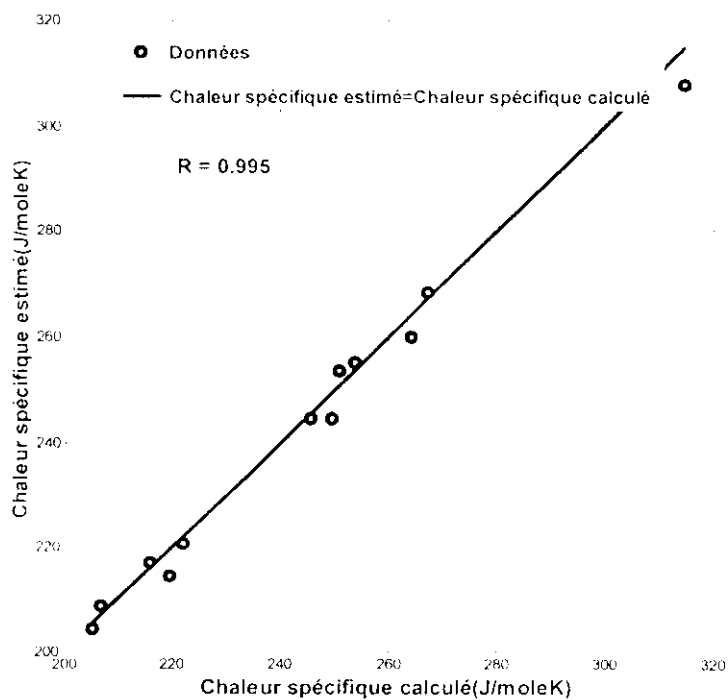


Fig. IV.8. Diagramme de dispersion sur la base de test.

3^{ème} Partie : Intervalle de température [300-524°C]

Nombre de neurones cachés	Erreur Moy	Erreur Max	Erreur Min
10	1,5886	8,3341	0,0019
11	8,4612	22,0709	0,0000
12	1,5310	8,2090	0,0000
13	1,1280	6,7519	0,0085
14	1,6137	8,3878	0,0864
15	1,5788	8,3642	0,0542
16	8,1652	26,9297	0,0000
17	1,6431	8,3315	0,0005
18	1,4693	7,2472	0,0011
19	1,1423	6,0885	0,0000
20	1,6137	8,3878	0,0864

Tableau.IV.6: Optimisation du nombre de neurones cachés.

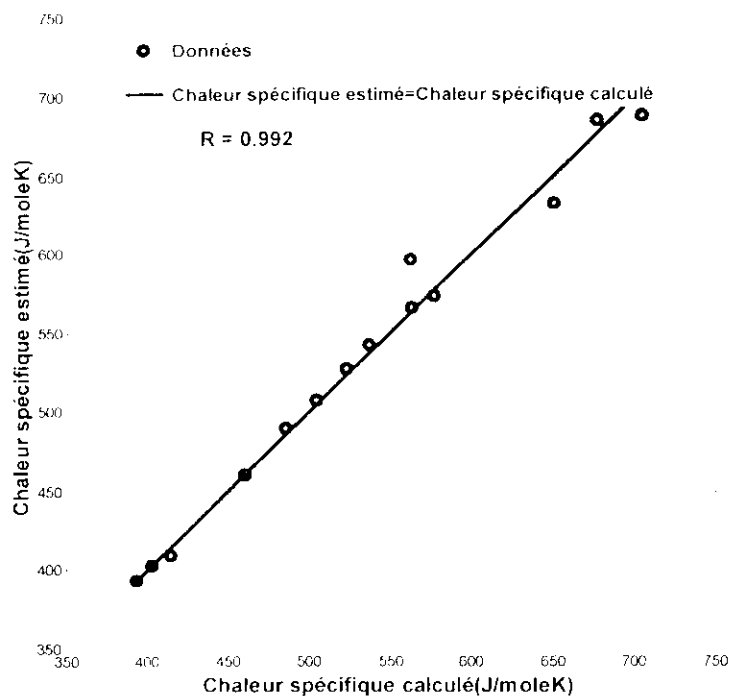


Fig. IV.9. Diagramme de dispersion sur la base de test.

Les valeurs obtenues par régression neuronale sont relativement bien distribuées autour de la droite idéale de pente 1. Les coefficients de corrélation pour les différentes parties sont respectivement $R = 0.973$, 0.995 et 0.992 , indiquent un bon ajustement.

IV.2.2. Modèle 2

1^{ère} partie : Intervalle de température [35-150°C]

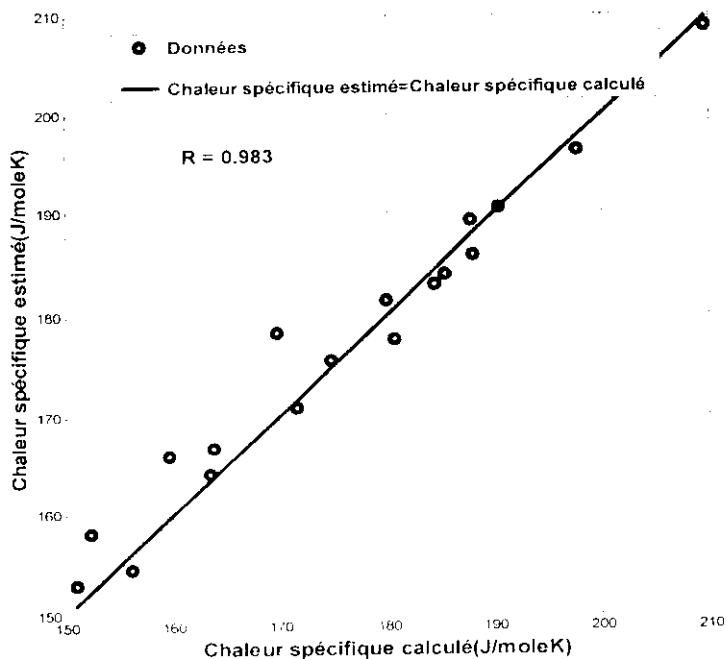


Fig. IV.10. Diagramme de dispersion sur la base de test.

2^{ème} Partie : Intervalle de température [150-300°C]

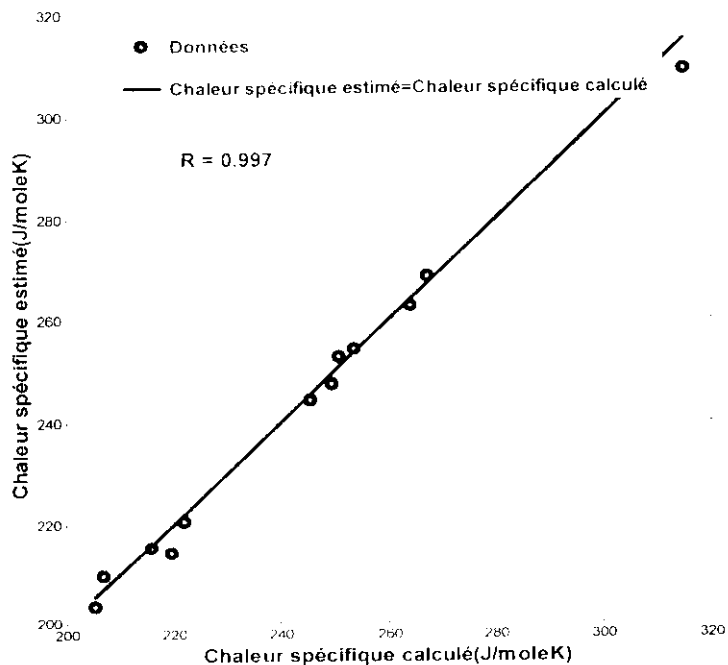


Fig. IV.11. Diagramme de dispersion sur la base de test.

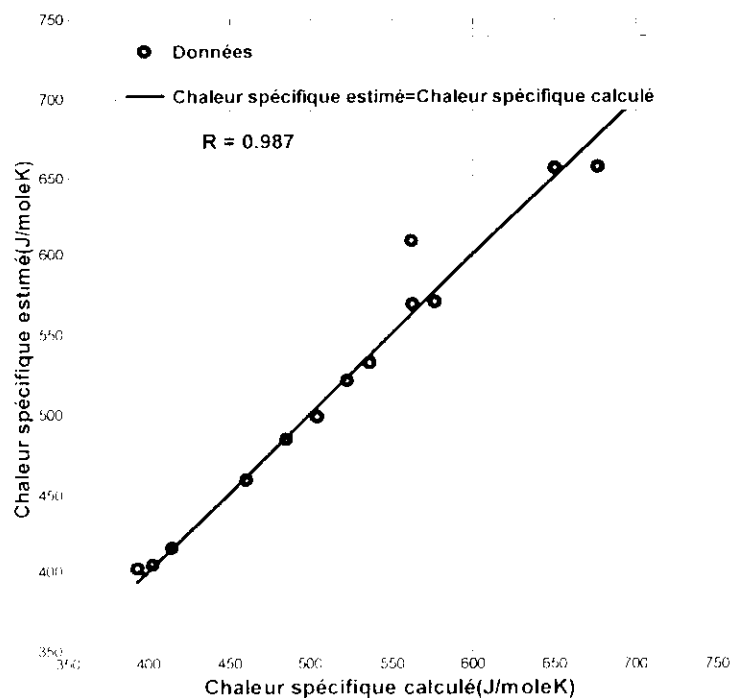
3^{ème} Partie : Intervalle de température [300-524°C]

Fig. IV.12. Diagramme de dispersion sur la base de test.

De même que pour ce modèle, on constate une très bonne distribution de données autour de la droite idéale de pente 1, avec $R = 0,983$ et $0,997$ et $0,987$ respectivement pour les trois parties de l'ensemble de test.

IV.3. TEMPERATURE DE CONGELATION

IV.3.1. Modèle 1

1^{ère} partie : Intervalle de température [35-150°C]

Nombre de neurones cachés	Erreur Moy	Erreur Max	Erreur Min
10	1,1353	5,4980	0,0185
11	1,1335	5,5210	0,0219
12	1,0802	5,4629	0,0000
13	0,9224	5,8220	0,0123
14	1,0872	5,6246	0,0088
15	1,1328	5,4960	0,0316
16	0,9687	5,8392	0,0214
17	1,0960	5,3202	0,0001
18	5,3699	18,7402	0,0332
19	0,9085	5,7861	0,0000
20	0,8269	3,9341	0,0043

Tableau.IV.7: Optimisation du nombre de neurones cachés.

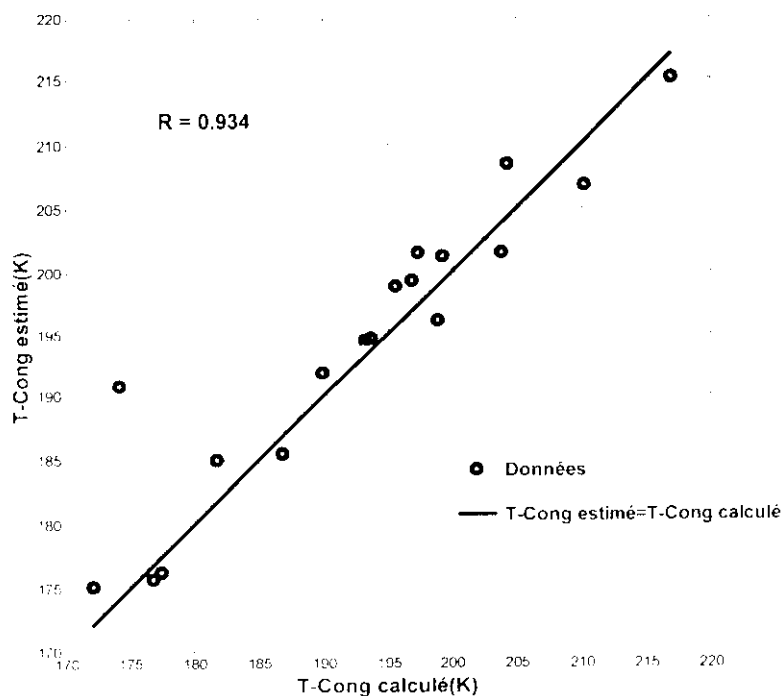


Fig. IV.13. Diagramme de dispersion sur la base de test.

2^{ème} Partie : Intervalle de température [150-300°C]

Nombre de neurones cachés	Erreur Moy	Erreur Max	Erreur Min
10	3,4957	13,1471	0,0000
11	0,8997	3,6589	0,0000
12	0,7698	4,3825	0,0000
13	1,3312	6,2006	0,0364
14	4,6967	16,3811	0,0827
15	1,3311	6,2016	0,0343
16	1,1904	5,6460	0,0398
17	0,4672	1,5798	0,0000
18	0,7917	3,6668	0,0001
19	1,3312	6,2006	0,0364
20	1,3312	6,2006	0,0364

Tableau.IV.8: Optimisation du nombre de neurones cachés.

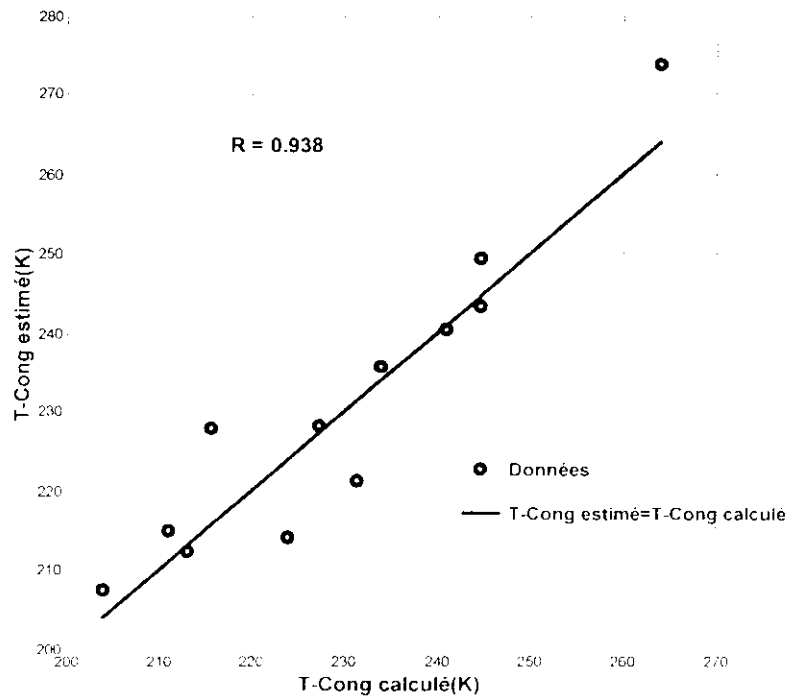


Fig. IV.14. Diagramme de dispersion sur la base de test.

3^{ème} Partie : Intervalle de température [300-524°C]

Nombre de neurones cachés	Erreur Moy	Erreur Max	Erreur Min
10	1,4030	7,9349	0,0517
11	1,0325	4,9341	0,0122
12	0,5989	2,7061	0,0000
13	1,3753	7,4244	0,0000
14	1,0325	4,9341	0,0122
15	1,0144	4,8814	0,0156
16	1,0906	7,0258	0,0061
17	1,6106	6,0964	0,0127
18	1,8825	9,1375	0,0000
19	1,4030	7,9349	0,0517
20	1,1140	4,0536	0,0000

Tableau.IV.9: Optimisation du nombre de neurones cachés.

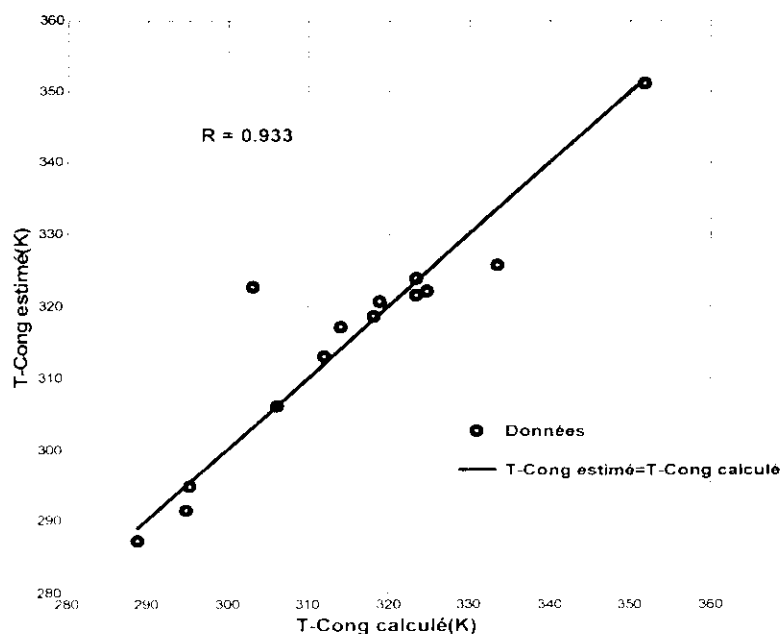


Fig. IV.15. Diagramme de dispersion sur la base de test.

On constate une dispersion de données relativement bonne autour de la droite idéale de pente 1. Les coefficients de corrélations (Valeurs de R) sont 0,934 et 0,938, 0,933 respectivement.

IV.3.2. Modèle 2

1^{ère} partie : Intervalle de température [35-150°C]

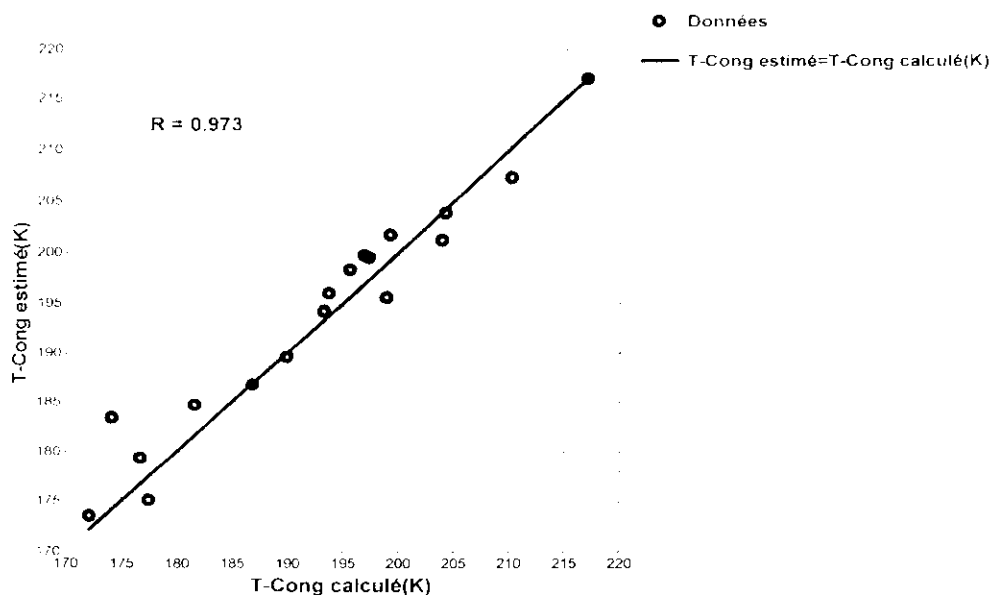


Fig. IV.16. Diagramme de dispersion sur la base de test.

2^{ème} Partie : Intervalle de température [150-300°C]

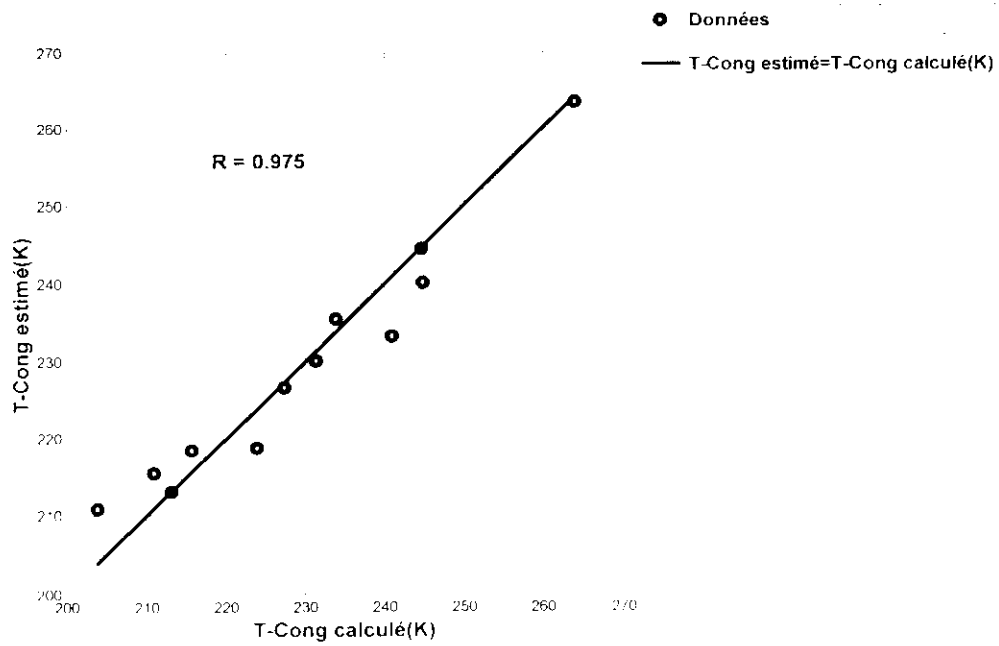


Fig. IV.17. Diagramme de dispersion sur la base de test.

3^{ème} Partie : Intervalle de température [300-524°C]

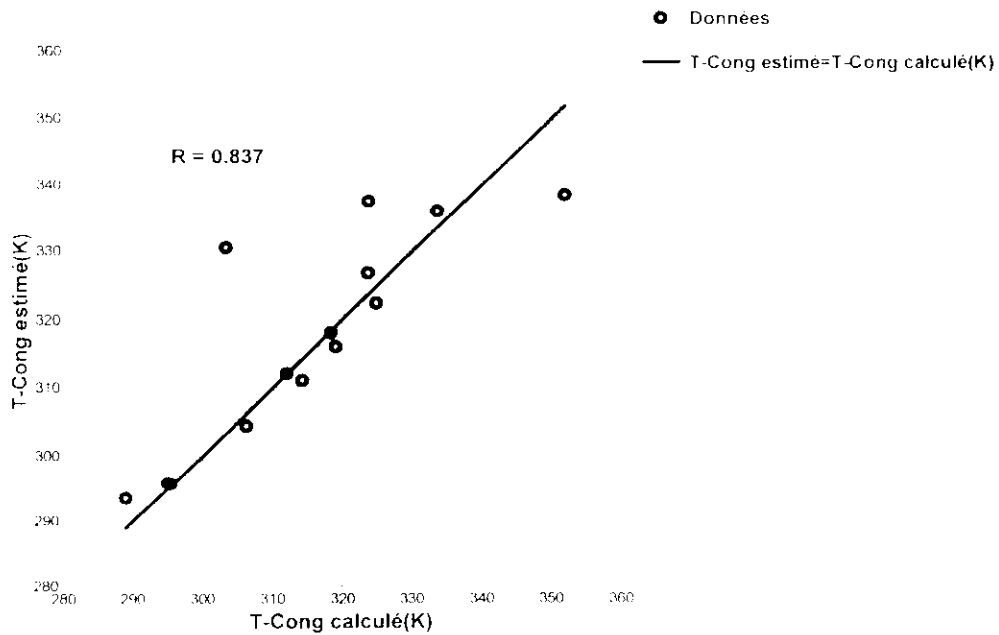


Fig. IV.18. Diagramme de dispersion sur la base de test.

Pour les deux premières parties on constate une très bonne dispersion de données autour de la droite idéale de pente 1, avec des coefficients de corrélations (valeurs de R) égaux respectivement à 0,973 et 0,975, la 3^{ème} partie présente une plus grande dispersion que les deux premières parties et la valeur de R = 0,837.

IV.4. VOLUME MOLAIRE

IV.4.1. Modèle 1

1^{ère} partie : Intervalle de température [35-150°C]

Nombre de neurones cachés	Erreur Moy	Erreur Max	Erreur Min
10	0,8357	4,7006	0,0069
11	0,9121	4,8964	0,0054
12	0,7877	4,8704	0,0000
13	0,9855	4,4046	0,0000
14	0,9676	4,3781	0,0036
15	1,3500	9,9279	0,0000
16	0,6758	3,9633	0,0000
17	0,9121	4,8964	0,0054
18	1,4283	6,2215	0,0000
19	0,5679	2,2128	0,0008
20	0,7936	5,0627	0,0000

Tableau.IV.10: Optimisation du nombre de neurones cachés.

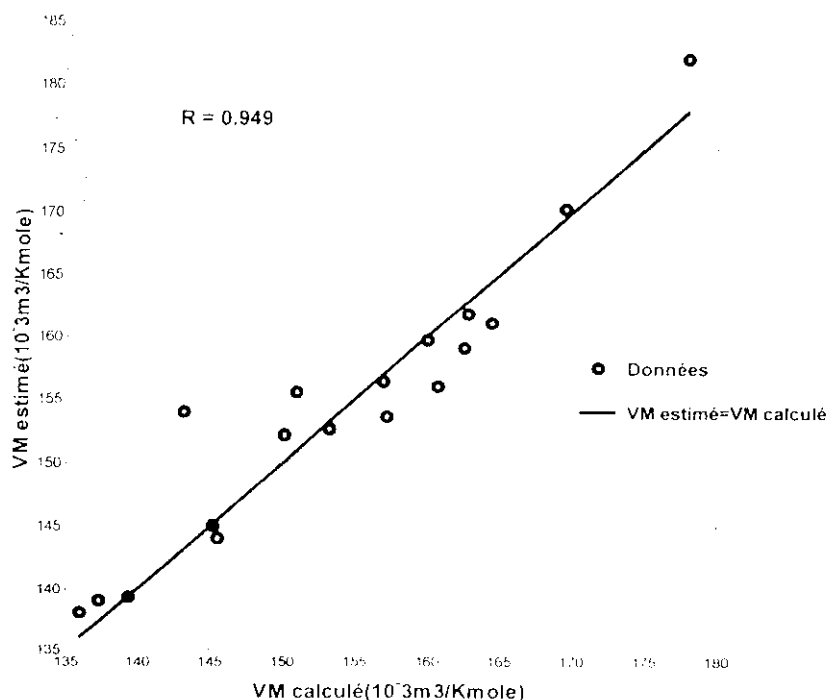


Fig. IV.19. Diagramme de dispersion sur la base de test.

2^{ème} Partie : Intervalle de température [150-300°C]

Nombre de neurones cachés	Erreur Moy	Erreur Max	Erreur Min
10	1,0369	5,8299	0,0150
11	1,0094	5,9103	0,0000
12	0,8544	4,9977	0,0002
13	0,7151	2,9582	0,0000
14	0,8544	4,9977	0,0002
15	0,7383	3,3783	0,0008
16	1,0370	5,8277	0,0158
17	1,0369	5,8299	0,0150
18	1,0369	5,8299	0,0150
19	1,0369	5,8299	0,0150
20	1,0369	5,8299	0,0150

Tableau.IV.11: Optimisation du nombre de neurones cachés.

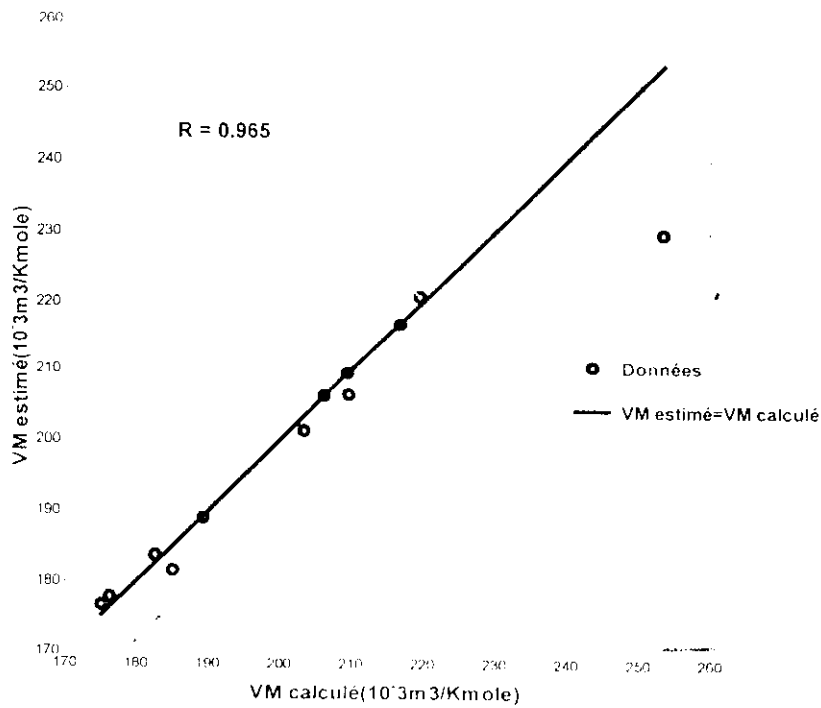


Fig. IV.20. Diagramme de dispersion sur la base de test.

3^{ème} Partie : Intervalle de température [300-524°C]

Nombre de neurones cachés	Erreur Moy	Erreur Max	Erreur Min
10	1,5623	8,5710	0,0452
11	1,5558	8,4172	0,0006
12	7,7356	25,1386	0,0433
13	1,2261	8,8714	0,0000
14	1,5801	7,2846	0,0000
15	1,5623	8,5710	0,0452
16	1,4841	8,5467	0,0000
17	1,4286	7,6767	0,0063
18	1,1562	6,4499	0,0000
19	0,8444	5,3085	0,0000
20	1,0725	6,4266	0,0103

Tableau.IV.12: Optimisation du nombre de neurones cachés.

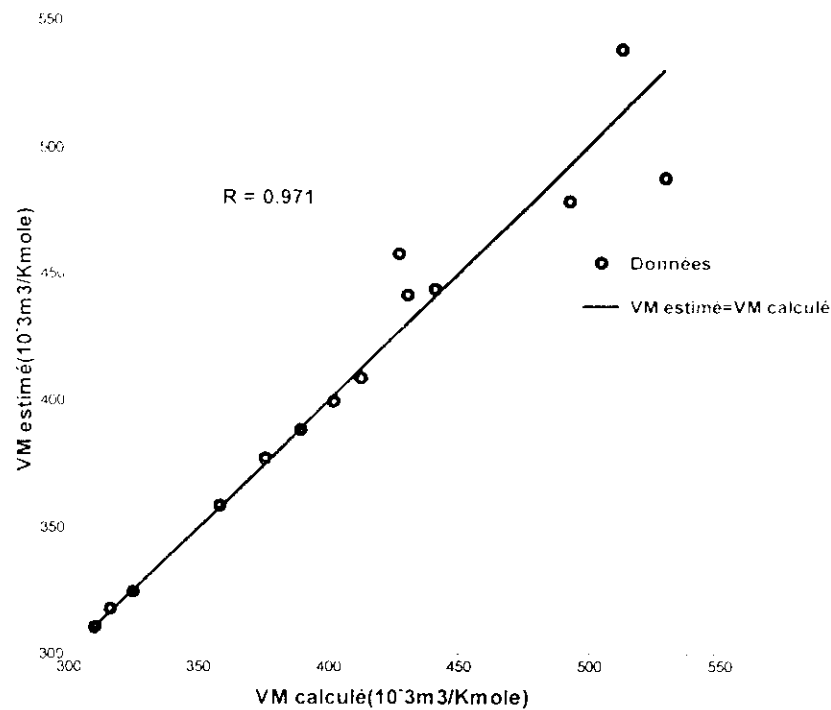


Fig. IV.21. Diagramme de dispersion sur la base de test.

Les valeurs obtenues par régression neuronale sont relativement bien distribuées autour de la droite idéale de pente 1. Les coefficients de corrélation pour les différentes parties sont respectivement $R= 0,949, 0,965, 0,971$.

IV.4.2. Modèle 2

1^{ère} partie : Intervalle de température [35-150°C]

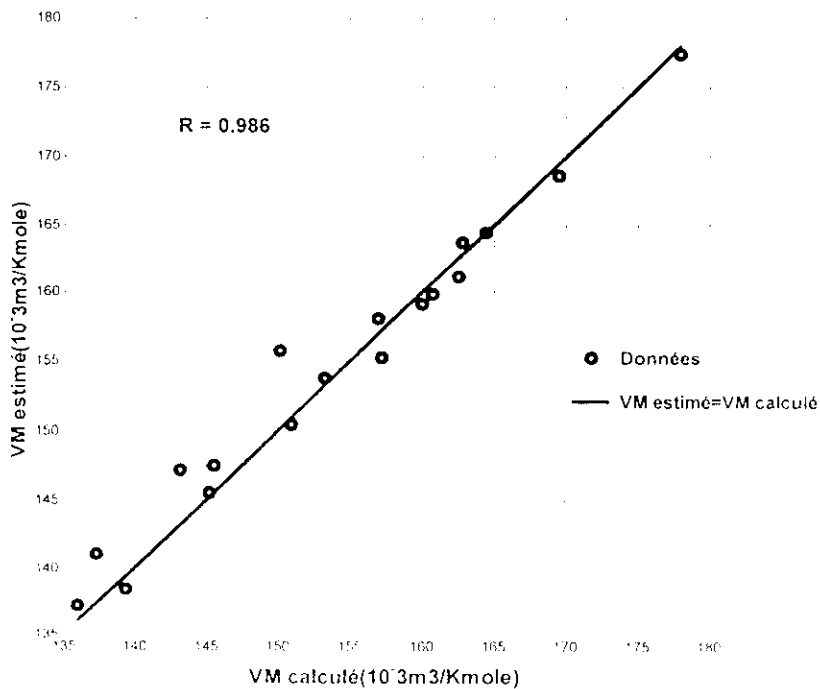


Fig. IV.22. Diagramme de dispersion sur la base de test.

2^{ème} Partie : Intervalle de température [150-300°C]

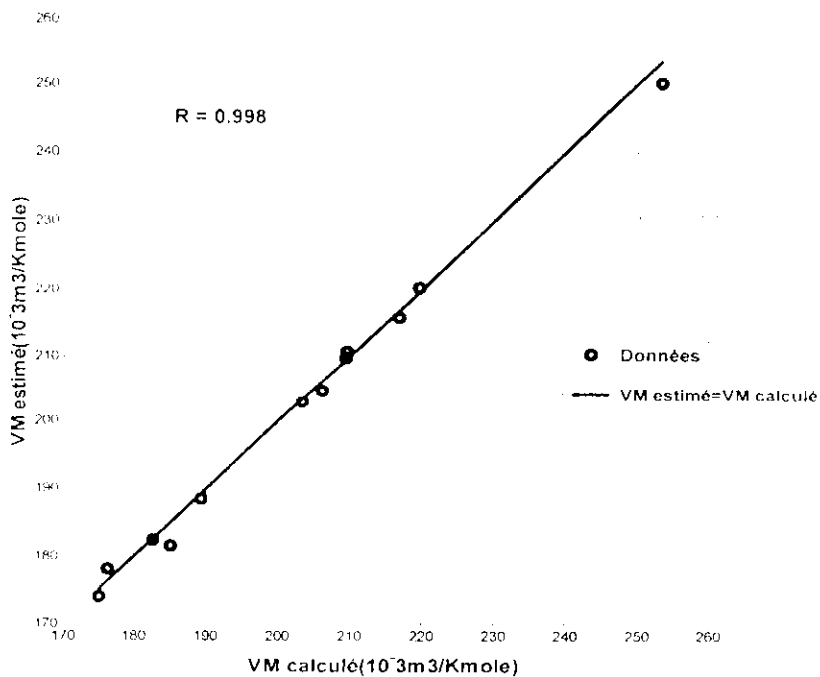


Fig. IV.23. Diagramme de dispersion sur la base de test.

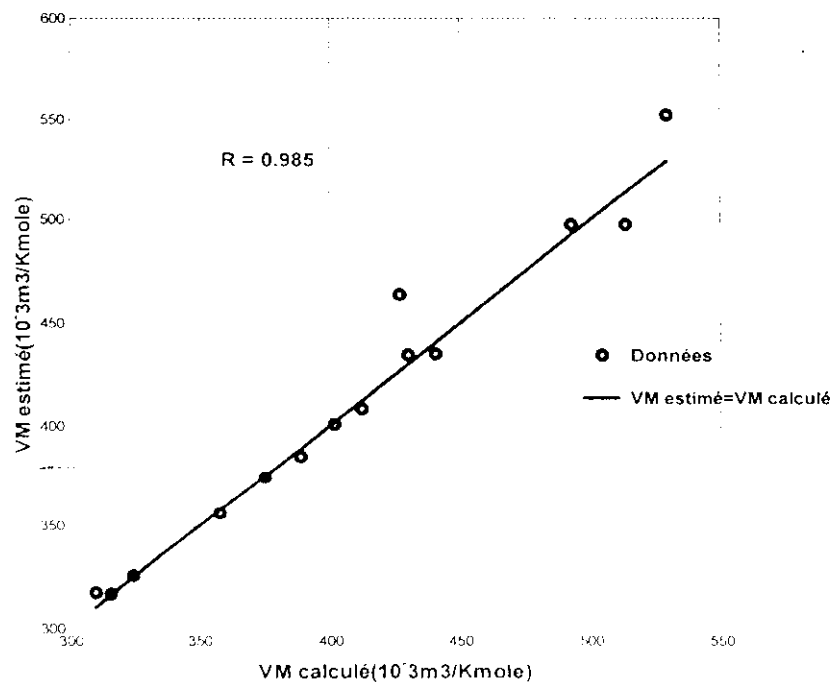
3^{ème} Partie : Intervalle de température [300-524°C]

Fig. IV.24. Diagramme de dispersion sur la base de test.

Les valeurs obtenues par régression neuronale sont très bien distribuées autour de la droite idéale de pente 1. Les coefficients de corrélations sont respectivement égaux à 0,986, 0,998, 0,985 pour les trois intervalles de températures considérés. Finalement le modèle et les paramètres choisis donnent de très bons résultats, ceci démontre la capacité de généralisation de ce réseau.

IV.5. POINT D'ANILINE

IV.5.1. Modèle 1

1^{ère} partie : Intervalle de température [35-150°C]

Nombre de neurones cachés	Erreur Moy	Erreur Max	Erreur Min
10	1,2418	5,5655	0,0000
11	0,8555	6,2960	0,0000
12	1,2207	5,4479	0,0556
13	1,0293	4,8547	0,0000
14	1,2055	5,6686	0,0000
15	1,1183	5,6122	0,0002
16	1,1394	5,4048	0,0122
17	1,1148	5,3170	0,0000
18	1,2726	6,0081	0,0056
19	1,2493	5,7495	0,0020
20	0,9191	4,1210	0,0049

Tableau.IV.13: Optimisation du nombre de neurones cachés.

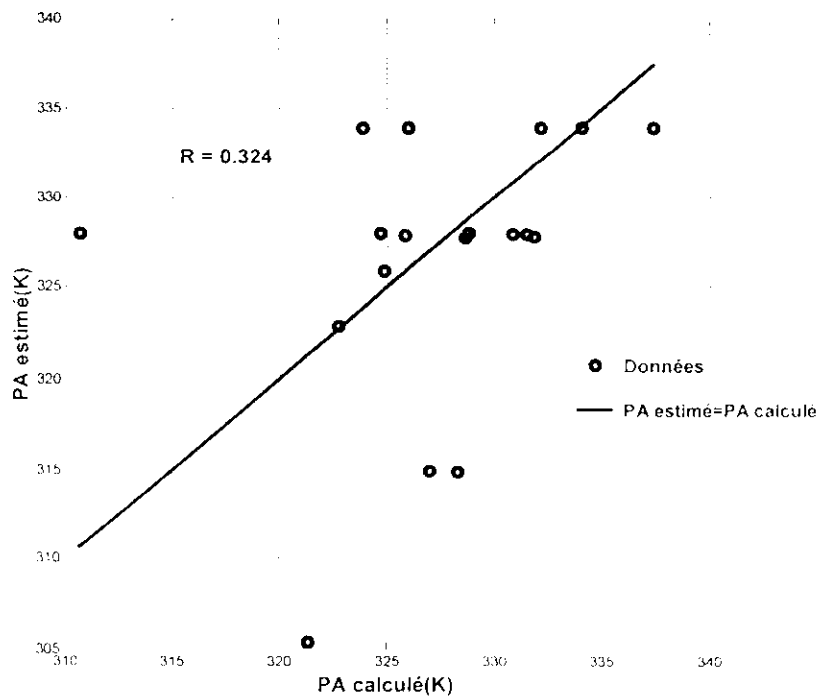


Fig. IV.25. Diagramme de dispersion sur la base de test.

2^{ème} partie : Intervalle de température [150-300°C]

Nombre de neurones cachés	Erreur Moy	Erreur Max	Erreur Min
10	0,8596	5,8595	0,0000
11	1,6068	13,5089	0,0005
12	1,0766	4,2864	0,1154
13	1,6048	13,3503	0,0069
14	4,8171	15,4897	0,0071
15	1,5321	12,4022	0,0990
16	5,1938	16,8377	0,2338
17	1,7747	13,9259	0,0605
18	0,8571	4,5139	0,0000
19	1,3473	7,6412	0,0000
20	4,6554	13,6661	0,0818

Tableau.IV.14: Optimisation du nombre de neurones cachés.

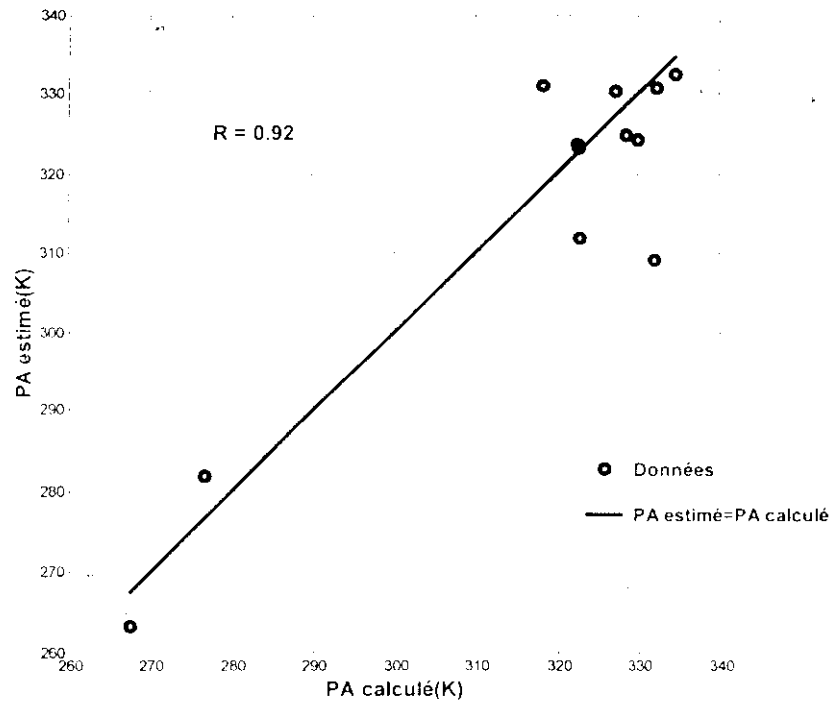


Fig. IV.26. Diagramme de dispersion sur la base de test.

3^{ème} partie : Intervalle de température [300-524°C]

Nombre de neurones cachés	Erreur Moy	Erreur Max	Erreur Min
10	1,0215	4,7716	0,0000
11	1,3086	6,9966	0,0289
12	1,3010	7,6948	0,0001
13	1,1288	4,6298	0,0000
14	1,4401	7,7641	0,0000
15	1,4604	8,4900	0,0110
16	1,5907	11,8917	0,0001
17	0,6291	3,8046	0,0000
18	1,4092	7,1286	0,0017
19	1,1772	7,7923	0,0000
20	1,0791	4,9328	0,0000

Tableau.IV.15: Optimisation du nombre de neurones cachés.

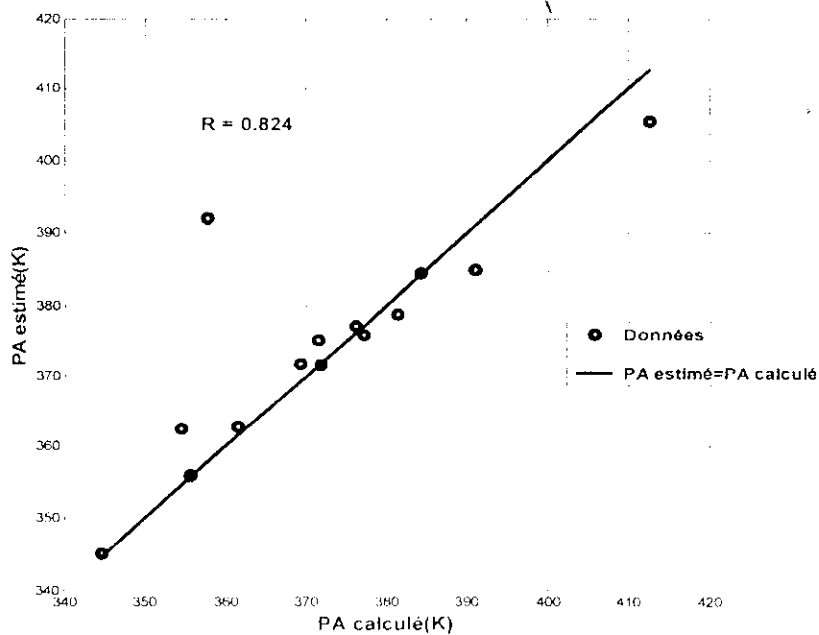


Fig. IV.27. Diagramme de dispersion sur la base de test.

Pour la première partie, on constate que les valeurs obtenues par régression neuronale sont mal distribuées autour de la droite idéale de pente 1 ($R=0,324$), par contre les deux dernières parties présentent de distributions relativement bonnes avec $R=0,92$, $0,824$ respectivement.

IV.5.2. Modèle 2

1^{ère} partie : Intervalle de température [35-150°C]

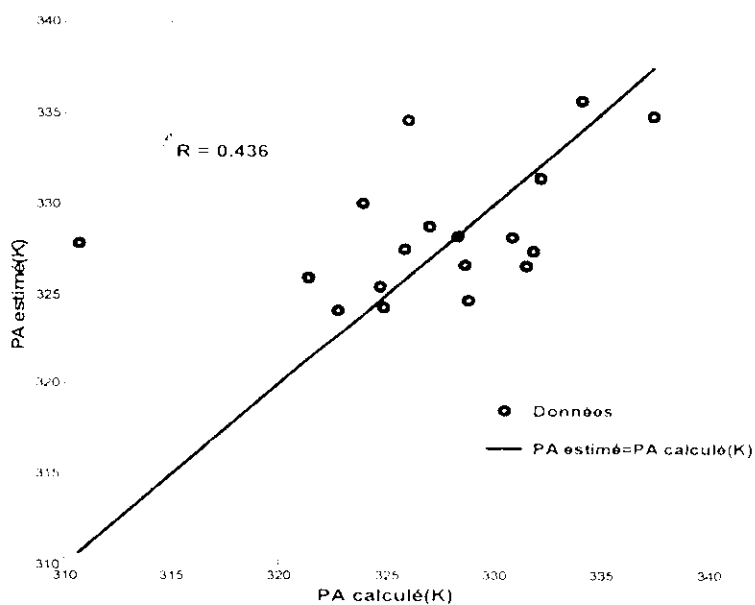


Fig. IV.28. Diagramme de dispersion sur la base de test.

2^{ème} Partie : Intervalle de température [150-300°C]

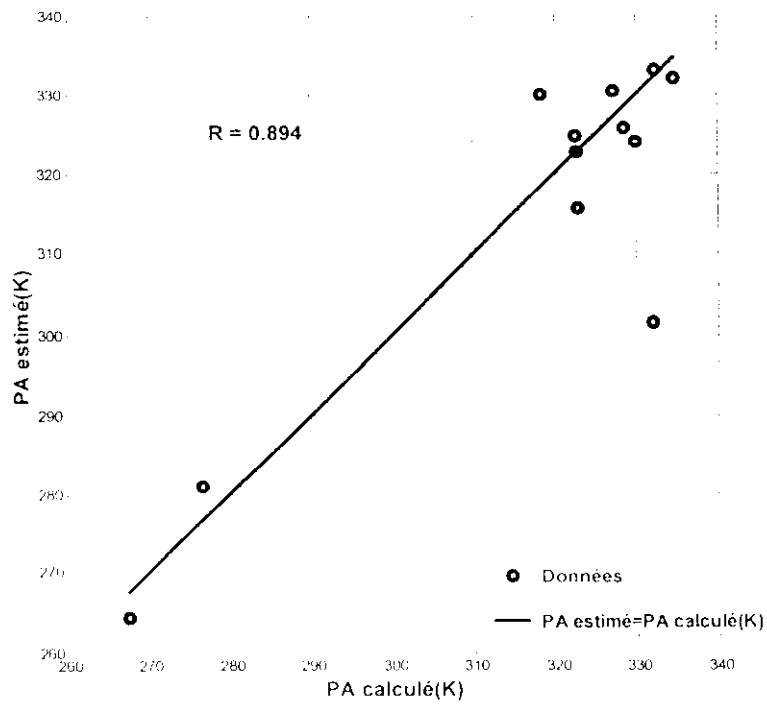


Fig. IV.29. Diagramme de dispersion sur la base de test.

3^{ème} Partie : Intervalle de température [300-524°C]

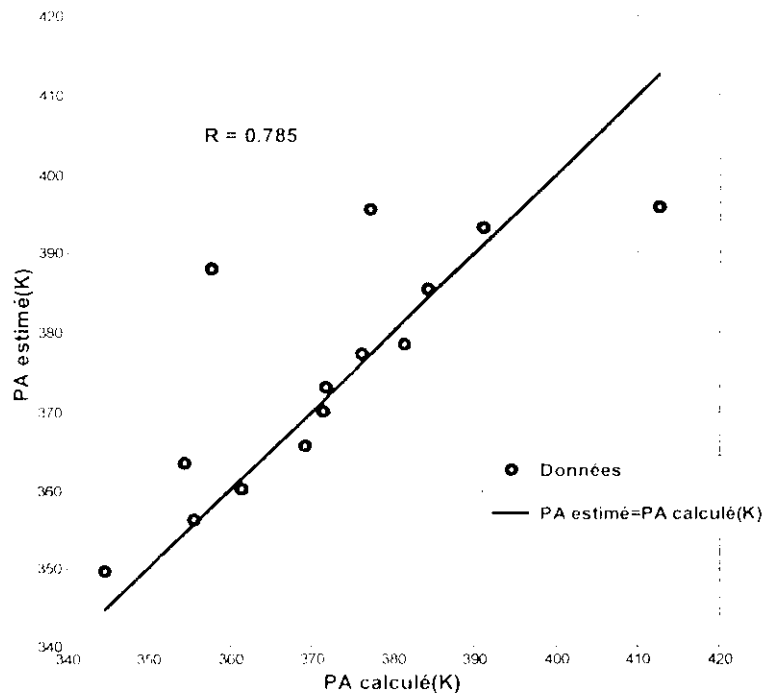


Fig. IV.30. Diagramme de dispersion sur la base de test.

De même que pour ce modèle la 1^{ère} partie présente une mauvaise dispersion de données autour de la droite idéale de pente 1 ($R=0,436$), par contre les deux dernières parties présentent de distributions relativement bonne avec $R=0,894$, $0,785$ respectivement.

IV.6. ETUDE COMPARATIVE ENTRE LES DEUX MODELE PROPOSES

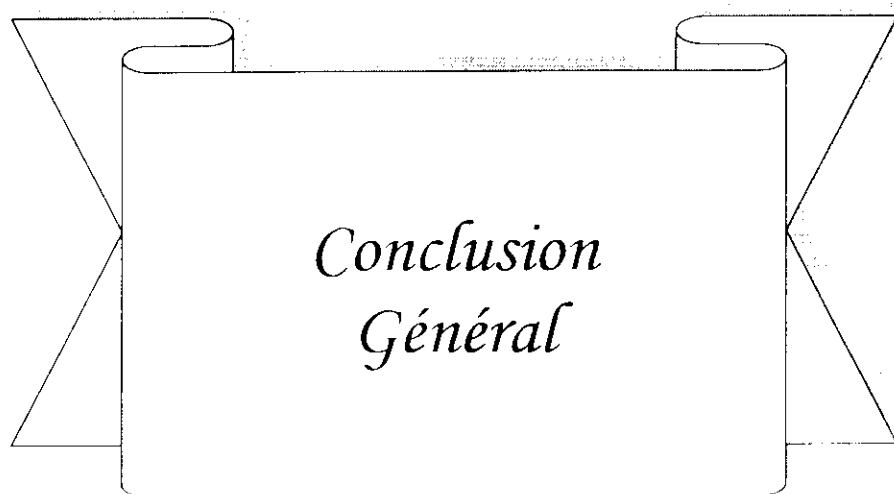
En Annexe 2, nous donnons la performance des deux modèles établis par le calcul d'erreur sur l'ensemble de la base d'apprentissage et la base de test.

Pour chaque propriété étudiée, le tableau IV.16 donne l'erreur moyenne calculée sur la base de test pour chaque modèle élaboré et pour chaque intervalle de température considérée.

Propriétés	Intervalle de température	Erreur moyenne	
		Modèle 1	Modèle 2
Tension superficielle	[35-150°C]	2,2300	1,3817
	[150-300°C]	0,7597	0,9456
	[300-524°C]	2,2726	1,5678
Chaleur spécifique	[35-150°C]	1,5515	1,4036
	[150-300°C]	1,0801	0,8773
	[300-524°C]	1,3006	1,7274
Température de congélation	[35-150°C]	1,6897	1,2386
	[150-300°C]	2,1428	1,3310
	[300-524°C]	1,0288	1,7274
Volume molaire	[35-150°C]	1,6506	1,0238
	[150-300°C]	1,4108	0,6588
	[300-524°C]	2,0675	1,7462
Point d'aniline	[35-150°C]	1,7320	1,1321
	[150-300°C]	1,9356	1,9258
	[300-524°C]	1,3266	1,8184

Tableau.IV.16: Comparaison entre les deux modèle

Nous observons que l'erreur moyenne sur toute la base de test du modèle 2 est le plus souvent inférieure à celle du modèle 1. Ceci nous conduit à conclure que le modèle 2 est plus performant que le modèle 1. Ceci démontre l'amélioration de la généralisation de ce réseau et on suppose que le réseau a correctement appris sa tâche. Le modèle 2 apparaît clairement comme étant plus performant que le modèle 1. On peut aussi voir que le réseau mime parfaitement la banque de donnée d'apprentissage (Voir Annexe 2).



*Conclusion
Général*

La connaissance des propriétés physiques du pétrole ou de ses fractions est d'une importance capitale pour l'établissement de nouveaux procédés, dimensionnement de machines et raffineries, séparations et récupération de produits... Pour cela les chercheurs prospectent toutes les nouvelles voies qui leur permettent d'acquérir les informations nécessaires pour la mise en œuvre du pétrole. Les réseaux de neurones artificiels font partie de ces nouvelles techniques, leur intérêt et encore plus grand du fait de leurs qualités d'approximation parcimonieuse.

Les réseaux de neurones constituent une technique de traitement de données bien comprise et maîtrisée, désormais indispensable dans la boîte à outils de tout ingénieur soucieux d'extraire le maximum d'informations pertinentes des données dont il dispose: effectuer des prévisions, approximer des fonctions, élaborer des modèles, etc.

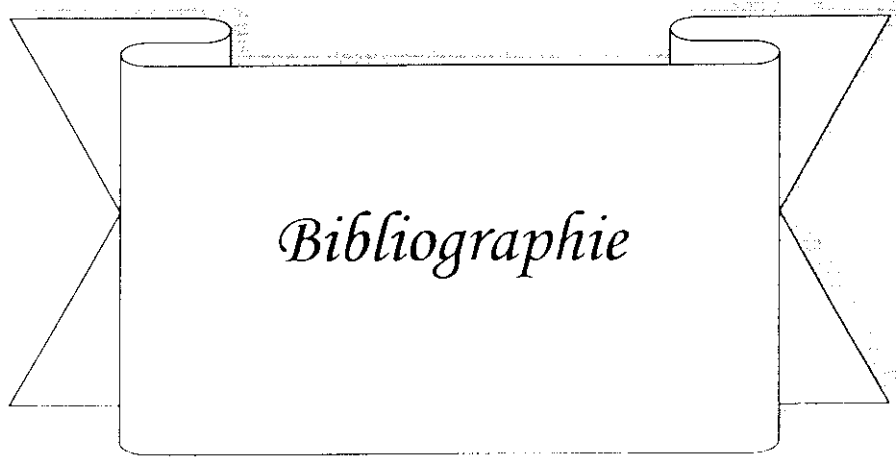
Les résultats obtenus nous ont permis d'aboutir aux conclusions suivantes :

- Les Perceptrons multicouches et la rétropropagation du gradient constituent le modèle le plus utilisé dans les applications de réseaux de neurones formels.
- Un de problème qui peut se produire durant l'apprentissage des réseaux de neurones est que les réseaux sur-appris sur la base d'apprentissage ne peuvent pas généraliser bien à de nouvelles données en dehors de la base d'apprentissage (base de test). Ceci peut être évité par l'utilisation de la régularisation automatique (l'algorithme d'apprentissage trainbr).
- Pour produire l'apprentissage le plus efficace, il est souvent utile de prétraiter les données avant l'apprentissage.

Enfin, nous terminons avec quelques idées représentant les perspectives auxquelles ce travail peut s'ouvrir.

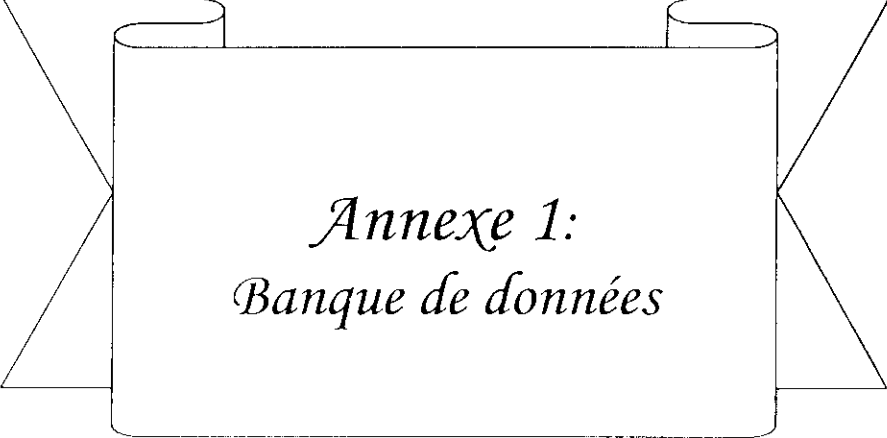
On pense que le couplage des réseaux de neurones artificiels (RNA) avec des algorithmes évolutionnaires (EA) notamment l'algorithme génétique nous donne de meilleurs résultats, en espérant que cette combinaison pourra permettre de résoudre des problèmes d'une manière plus efficace que les deux méthodes prises indépendamment. Si l'on se base sur le principe que les EA effectuent une recherche dans l'espace global des solutions potentielles et que les RNA se concentrent plutôt vers une recherche locale dans l'espace du voisinage, C'est le cas, par exemple, de l'apprentissage d'un réseau de neurones par rétro-propagation du gradient. Partant d'une configuration de poids initiale, la méthode va chercher la meilleure solution dans le voisinage de cette configuration. Cette solution est optimale

localement mais peut ne pas correspondre à un optimal global car il est possible qu'il existe une meilleure solution qui n'est pas dans le voisinage de la configuration initiale. On peut supposer que ces deux méthodes sont complémentaires.



- [1] **Jean-François Jodouin**, «Les réseaux de neurones principes et définitions», Edition Hermes (1994).
- [2] **M. ALMI, Y. GUEHRAR**, «Utilisation des réseaux de neurones artificiels dans le vieillissement thermique de l'huile de transformateur», Projet de fin d'études, Département de Génie Electrique, Ecole Nationale Polytechnique (juin2002).
- [3] **Howard Demuth & Mark Beale**, «Neuronal network Toolbox User's Guide Version 4», Math Works, (2001).
- [4] **G.Dreyfus, J.-M.Martinez, M. Samuelides, M. B. Gordon, F. Badran, S. Thiria & L. Hérault**, «Les réseaux de neurones : pourquoi et pour quoi faire ? » (2002) (source Internet)
- [5] **G. DREYFUS**, «Les réseaux de neurones» école Supérieure de Physique et de Chimie Industrielles de la Ville de Paris (ESPCI). Laboratoire d'électronique (1998) (source Internet).
- [6] **M.Yazid M'hamed Yeddou**. « Etude de Synthèse sur les Réseaux de Neurones et leur Applications », thèse de Magister. ENP, juin 1998
- [7] **A.Spalanzani**, «Algorithmes évolutionnaires pour l'étude de la robustesse des systèmes de reconnaissance automatique de la parole», thèse de Doctorat d'Etat, laboratoire de Communication Langagière et Interaction Personne, Université Joseph Fourier Grenoble1 (Spécialité Informatique Systèmes et Communication). (1999) (Source Internet).
- [8] **J.Hérault, C.Jutten**. «Réseaux Neuronaux et Traitement du Signale». Traité des Nouvelles Technologies, HERMES, 1994
- [9] **D.E. LAMOURI**. «Contribution à la détermination des propriétés physiques des fractions pétrolières par Réseaux de Neurones Artificielle», Projet de fin d'études, Département de Génie Chimique, Ecole Nationale Polytechnique (juin2003).
- [10] **C.E.Chitour**, «Raffinage, Tome 1», Edition OPU (1999).
- [11] **C.E.Chitour**, «Raffinage, Tome 3», Edition OPU (1999).
- [12] Matlab 6.1 «Release notes12», Math Works, (2001).
- [13] **N.Skander**, «Contribution à la détermination des propriétés physiques des mélanges d'hydrocarbures et de fractions pétrolières par des méthodes de contribution de groupes», thèse de Magister. Département de Génie Chimique, Ecole Nationale Polytechnique (1997).
- [14] **F.Souahi**, «Contribution à l'étude physico-chimique des pétroles et des fractions pétrolières comparaison des méthodes expérimentales et empiriques aux méthodes numériques élaborées», thèse de Doctorat d'Etat, Département de Génie Chimique, Ecole Nationale Polytechnique (1999).

- [15] **Z.BOUCHAKOUR, O.ALAOUCHICHE**, «Contribution à la détermination des propriétés physiques des fractions pétrolières par la méthode de nombre d'atome de carbone équivalent (ECN)», Projet de fin d'études, Département de Génie Chimique, Ecole Nationale Polytechnique (juin1999).
- [16] **El Hadi**, «Contribution à la détermination de la composition des fractions pétrolières», Thèse de Magister, Département de Génie Chimique, Ecole Nationale Polytechnique (1995).
- [17] **J.Rude**, «Application des réseaux de neurones artificiels a la détermination des constantes cinétiques des réactions COV + OH en phase aqueuse», thèse de DEA, Universités Paris 7, Paris 12, Paris 6, Chambéry et Grenoble 1, Laboratoire Inter-Universitaire des Systèmes Atmosphériques (Source Internet).
- [18] **M. Gaétan**, «Sélection de modèles non linéaires par leave-one-out. Etude théorique et application des réseaux de neurones au procédé de soudage par points», thèse de Doctorat de l'université Paris 6 (1999) (Source Internet).



Annexe 1:
Banque de données

Tableau A.1.1 : données des fractions pétrolières considérées légères de 35 à 150°C.

N°	T _{mav} (°C)	d	n	TS à 25°C (dyne/cm)	C _{p298K} (J/moleK)	T-Cong(K)	V _M (10 ⁻³ m ³ /kmole)	PA (K)
1	35,0000	0,6160	1,3610	18,0093	144,2714	163,6869	130,5922	340,2307
2	40,0000	0,6310	1,3580	18,3459	147,7628	167,8978	133,0959	340,3929
3	45,0000	0,6340	1,3690	19,5039	145,7851	166,7915	132,1877	334,7377
4	53,0000	0,6575	1,3711	19,7016	152,5494	174,0488	136,8613	336,5153
5	54,4400	0,6535	1,3694	20,1736	151,0192	172,1721	136,0037	334,0389
6	54,5000	0,6525	1,3691	19,5328	154,8777	176,3404	138,3894	338,2587
7	55,0000	0,6490	1,3682	19,8230	153,6596	173,7824	137,7071	337,3304
8	55,0000	0,6470	1,3750	20,2398	150,9257	172,5588	135,9494	333,4004
9	58,0000	0,6655	1,3750	20,3134	153,6154	174,4648	137,8338	334,6464
10	58,0000	0,6602	1,3726	19,8794	156,2000	177,4663	139,4287	337,4207
11	62,0000	0,6705	1,3774	20,4115	156,6641	178,2534	139,9290	334,9089
12	62,0000	0,6585	1,3722	20,1685	158,1916	179,2967	140,8997	337,0091
13	63,0000	0,6670	1,3760	20,8006	155,2522	176,0993	139,1216	332,9512
14	65,0000	0,6580	1,3743	20,5625	158,7279	178,2573	141,4468	336,3731
15	65,0000	0,6620	1,3820	21,4795	152,3949	176,7715	137,3103	326,0273
16	65,0000	0,6770	1,3890	20,0926	161,6004	182,1371	143,2199	339,1534
17	75,0000	0,6930	1,3910	21,8057	159,9568	177,9004	142,7294	331,3367
18	75,0000	0,6820	1,3880	21,5160	162,2220	179,9787	144,1876	333,9149
19	75,0000	0,6890	1,3940	21,1794	164,1959	182,7837	145,4100	335,9068
20	79,0000	0,6890	1,3871	21,8574	163,5696	181,6997	145,2060	332,1315
21	80,5000	0,6904	1,3929	22,0228	163,3565	185,6371	145,0313	327,8792
22	82,0000	0,7129	1,0458	21,5563	167,2243	187,3886	147,5718	333,6179
23	85,0000	0,7010	1,3990	21,8742	169,0472	185,9614	148,9775	334,8293
24	85,0000	0,6980	1,3980	22,1565	167,2885	183,4171	147,8735	333,1032
25	85,5000	0,7001	1,3969	22,5793	163,9015	186,8543	145,5702	323,8788
26	90,0000	0,7030	1,3940	22,1815	171,8572	188,1817	151,0028	334,2730
27	90,0000	0,6895	1,3880	21,8144	174,5991	194,4274	152,7230	334,6548
28	90,5000	0,7062	1,4001	23,3221	163,0418	186,9604	145,1991	317,6105
29	91,0000	0,6980	1,3921	22,4422	170,5497	192,0954	150,1147	327,7446
30	91,1100	0,7322	1,4074	23,7878	159,6643	174,1628	143,1621	321,3774
31	92,0000	0,6918	1,3893	21,9663	175,5038	195,0410	153,3976	334,1538
32	93,0000	0,7067	1,3964	21,9039	176,3248	195,8168	153,9433	334,8679
33	94,0000	0,7048	1,3955	22,7646	171,1827	190,4777	150,6781	327,5434
34	94,0000	0,7038	1,3951	22,6270	172,6011	189,0563	151,6433	331,3677
35	95,0000	0,7150	1,4050	22,7811	171,5764	189,9427	150,9642	328,3342
36	95,0000	0,7060	1,4020	23,3839	167,1206	189,8703	148,0379	318,9699
37	95,5000	0,7095	1,4022	23,7751	164,2579	189,1949	146,1667	313,4426
38	97,0000	0,7088	1,3976	22,6469	174,7429	194,9809	153,0813	328,4867
39	97,0000	0,6955	1,3913	22,2546	178,4220	197,7049	155,5019	333,1905
40	100,0000	0,7117	1,3993	23,0562	174,7851	193,2285	153,2533	327,0239
41	100,0000	0,7237	1,4052	23,3804	171,5319	189,8270	151,1147	323,9123
42	100,5000	0,7160	1,4040	24,1308	166,0857	190,8522	147,5439	310,8897
43	101,0000	0,7153	1,4010	22,7221	178,4179	194,4721	155,6704	332,6672
44	102,0000	0,7300	1,4100	23,0727	175,8599	190,2940	154,0281	330,8449
45	103,8900	0,7168	1,4019	22,7700	180,6665	198,9081	157,2214	330,8317
46	104,0000	0,7017	1,3947	22,5835	183,1084	201,3584	158,8495	332,8801
47	105,0000	0,7300	1,4098	23,3593	176,7686	191,0701	154,7356	329,0055
48	105,0000	0,7240	1,4090	23,0787	179,6463	192,2817	156,6406	333,4975

Suite du Tableau A.1.1:

N°	T _{mav} (°C)	d	n	TS à 25°C (dyne/cm)	C _{p298K} (J/moleK)	T-Cong(K)	V _M (10 ⁻³ m ³ /kmoles)	PA (K)
49	105,0000	0,7140	1,4060	23,6781	174,3788	197,3407	153,1448	317,5916
50	105,5000	0,7191	1,4065	24,2849	169,7160	193,6978	150,1113	310,6640
51	106,0000	0,7242	1,4106	21,9441	188,7681	206,5324	162,5602	339,7824
52	107,0000	0,7218	1,4045	23,1176	181,1820	197,0196	157,6955	330,4958
53	108,8900	0,7097	1,3987	23,0927	184,1140	200,4879	159,7119	330,8243
54	109,0000	0,7067	1,3973	22,8161	186,4656	203,7286	161,2504	332,7457
55	110,0000	0,7228	1,4052	23,6711	179,9180	195,5553	156,9928	325,8297
56	110,0000	0,7188	1,4032	23,3481	183,0254	196,7875	159,0411	331,0901
57	110,5000	0,7235	1,4087	24,5442	172,3431	196,2130	152,0238	308,5383
58	112,0000	0,7398	1,4139	24,0664	177,4787	192,2095	155,4298	322,8934
59	112,0000	0,7347	1,4113	23,6661	180,4603	200,0827	157,3651	321,9024
60	112,0000	0,7241	1,4052	23,4035	184,4102	197,2854	160,0131	331,8413
61	113,0000	0,7337	1,4109	23,6010	182,4066	199,9099	158,6923	324,9717
62	113,5000	0,7193	1,4036	23,5222	184,6728	202,8971	160,2403	325,2827
63	114,0000	0,7163	1,4021	23,4029	186,7647	202,2266	161,6454	329,6270
64	114,0000	0,7258	1,4069	23,7334	183,3262	199,1790	159,3695	325,6676
65	115,0000	0,7300	1,4120	23,6415	185,3675	196,8381	160,7422	331,4883
66	115,0000	0,7260	1,4120	23,8759	182,8823	201,0169	159,1145	321,8716
67	115,0000	0,7377	1,4130	24,0592	180,7273	196,1908	157,6722	322,7271
68	116,0000	0,7312	1,4097	23,6263	185,9740	200,7883	161,1669	328,1821
69	116,0000	0,7437	1,4162	24,2090	180,1648	194,1116	157,3260	322,8882
70	117,0000	0,7305	1,4094	23,4948	188,0318	203,8348	162,5560	328,6531
71	117,0000	0,7318	1,4100	23,4283	188,4293	204,4752	162,8112	329,0620
72	121,0000	0,7228	1,4057	23,7502	191,1962	204,9341	164,8264	329,0468
73	124,0000	0,7427	1,4159	24,0931	190,2047	200,5109	164,2171	329,5747
74	125,0000	0,7320	1,4110	24,2119	190,8505	204,5768	164,7428	324,4490
75	125,0000	0,7400	1,4200	24,1708	190,4033	204,2207	164,4179	324,7165
76	125,0000	0,7330	1,4180	24,5757	187,4294	202,8342	162,5034	318,4172
77	126,0000	0,7326	1,4150	23,3667	199,3116	211,3106	170,3292	335,9861
78	126,6700	0,7352	1,4121	23,8567	195,7724	206,8361	168,0176	331,7844
79	126,6700	0,7483	1,4188	24,4973	188,6713	201,5928	163,3121	322,2990
80	127,0000	0,7508	1,4202	24,6301	187,8452	199,2094	162,7627	322,7338
81	128,0000	0,7387	1,4140	23,7950	197,0838	210,3096	168,9417	329,9226
82	130,0000	0,7427	1,4161	24,3050	194,7679	206,0911	167,4753	326,7677
83	133,0000	0,7458	1,4158	24,0716	200,0942	212,0134	171,1290	328,8814
84	133,0000	0,7458	1,4178	24,4357	196,6882	207,3997	168,8536	326,2815
85	134,0000	0,7508	1,4204	24,3521	197,6543	210,1807	169,5356	324,8746
86	135,0000	0,7450	1,4220	24,6697	197,1978	206,1731	169,2596	326,0170
87	138,8900	0,7734	1,4328	25,2934	192,1581	201,9140	165,9760	317,7566
88	140,0000	0,7490	1,4193	24,0461	208,0298	216,2703	176,6058	334,5693
89	145,0000	0,7540	1,4270	24,6789	207,3671	215,5570	176,3967	327,0335
90	146,0000	0,7490	1,4239	24,6379	209,6657	216,9455	177,9742	328,8237
91	146,1100	0,7520	1,4270	24,5924	209,6959	218,1187	178,0168	327,6361
92	147,0000	0,7513	1,4210	25,0297	206,4546	216,1218	175,9605	320,2474
93	147,0000	0,7680	1,4300	25,0651	204,3587	211,5842	174,4015	323,7760
94	147,0000	0,7635	1,4275	25,2575	203,0400	211,2459	173,5855	319,8916
95	148,0000	0,7685	1,4303	25,4231	202,2910	208,3615	173,0515	321,0993

Tableau A.1.2 : données des fractions pétrolières considérées moyennement lourdes de 150 à 300°C.

N°	Tmav(°C)	d	n	TS à 25°C (dyne/cm)	Cp _{298K} (J/moleK)	T-Cong(K)	V _M (10 ⁻³ m ³ /kmole)	PA (K)
1	150,5600	0,7590	1,4240	24,9591	211,3765	214,6909	179,1721	330,8789
2	151,1100	0,7590	1,4325	24,7540	213,3155	220,1334	180,6015	327,7116
3	152,0000	0,7700	1,4312	25,3077	207,7404	213,2970	176,8417	322,9172
4	153,0000	0,7526	1,4272	24,8658	214,0120	220,3144	181,1296	326,9395
5	153,0000	0,7715	1,4319	25,5173	206,9348	211,0066	176,3027	322,6037
6	153,0000	0,7670	1,4296	25,3554	208,8720	214,3615	177,6657	322,2249
7	155,0000	0,7670	1,4290	24,5138	219,5383	223,4180	184,7879	335,2233
8	155,0000	0,7640	1,4340	24,9015	216,2821	219,9889	182,6457	330,5577
9	155,5000	0,7627	1,4274	24,8361	217,4202	222,5141	183,4927	328,9113
10	157,2200	0,7620	1,4350	24,8416	219,6776	223,9092	185,0678	329,9679
11	158,0000	0,7720	1,4324	25,5413	212,4629	215,7730	180,2152	322,7339
12	158,5000	0,7650	1,4286	25,3074	216,0035	221,1013	182,7250	322,2355
13	158,8900	0,7711	1,4356	25,5488	213,5684	216,8440	181,0083	322,4631
14	159,0000	0,7745	1,4338	25,7264	211,7127	213,5276	179,6948	322,8425
15	160,5600	0,8008	1,4436	26,1785	205,2710	203,9661	175,1736	322,8490
16	161,1100	0,7581	1,4251	25,0179	223,8267	224,0000	187,9076	334,0890
17	164,0000	0,8648	1,4889	27,1562	183,5924	197,7655	160,8461	287,9020
18	165,0000	0,7690	1,4370	26,1908	215,4659	214,0481	182,4379	321,0291
19	165,0000	0,7760	1,4347	25,7495	218,5076	218,6419	184,4808	324,1344
20	165,0000	0,7820	1,4370	25,9277	215,8180	215,6482	182,6258	322,6282
21	165,0000	0,7756	1,4382	25,8028	217,9201	218,6195	184,1232	322,3364
22	166,0000	0,7627	1,4311	24,8987	230,2124	230,7419	192,4646	333,6755
23	175,0000	0,7790	1,4345	25,5148	233,4006	228,5242	194,7550	333,8678
24	175,0000	0,7750	1,4400	26,7422	221,1932	216,2066	186,6547	317,2394
25	186,0000	0,7713	1,4354	25,4895	249,3443	240,9204	206,1535	334,7143
26	188,8900	0,7790	1,4398	26,0030	246,3419	236,5075	204,1910	329,7228
27	190,0000	0,7850	1,4398	25,9611	247,2483	236,9428	204,7759	331,3374
28	196,0000	0,7856	1,4402	26,4974	249,0508	236,5047	206,3657	324,1061
29	196,0000	0,7915	1,4434	26,5031	248,4496	234,1559	205,6641	330,1847
30	196,0000	0,7990	1,4476	26,6434	245,3362	231,3714	203,4903	328,5327
31	196,1100	0,8010	1,4470	26,8828	242,3750	228,3663	201,4753	325,6224
32	200,0000	0,7930	1,4443	26,6210	252,3566	235,9306	208,4415	330,7640
33	200,0000	0,7880	1,4490	26,2814	257,0133	241,2473	211,7507	332,2647
34	202,7800	0,8060	1,4500	27,0369	248,5604	231,5010	205,8767	326,3889
35	206,1100	0,7860	1,4430	26,4577	264,0551	244,7016	216,8139	332,3859
36	206,6700	0,8045	1,4444	26,7245	258,8868	237,1501	212,6897	340,4218
37	207,0000	0,7960	1,4459	26,7790	259,7750	239,5133	213,6983	332,4073
38	207,0000	0,8023	1,4494	26,9032	257,0065	237,1167	211,7602	330,9471
39	207,2200	0,7920	1,4500	26,6190	262,2668	243,2557	215,6788	328,8138
40	207,7800	0,8080	1,4485	27,1634	253,5729	233,8841	209,4361	327,2463
41	208,0000	0,7820	1,4369	26,6029	266,0281	244,7005	218,1775	333,4284
42	208,0000	0,8004	1,4510	27,8615	246,6153	228,2928	205,1010	311,4476
43	213,8900	0,7985	1,4473	26,9214	267,4704	243,2329	219,1552	334,1577
44	213,8900	0,8100	1,4500	27,3509	259,0170	236,1790	213,3239	327,6811
45	216,0000	0,7919	1,4453	27,1967	267,2141	244,6313	219,7188	318,3705
46	222,0000	0,7930	1,4450	27,0240	279,0719	250,0439	227,5838	333,1759
47	223,5000	0,9553	1,5524	28,8147	206,4457	206,8702	177,9222	269,9703
48	235,5600	0,9308	1,5321	29,2364	225,6071	214,4887	191,6612	272,3860

Suite du Tableau A.1.2:


N°	T _{mav} (°C)	d	n	TS à 25°C (dyne/cm)	C _{p298K} (J/moleK)	T-Cong(K)	V _M (10 ⁻³ m ³ /kmole)	PA (K)
49	237,5000	0,8076	1,4550	29,0459	269,4247	238,0450	222,5354	291,9798
50	244,6100	0,9681	1,5602	29,2962	222,1003	213,1380	189,3422	267,5702
51	244,6100	0,9501	1,5459	29,2837	229,2947	216,7673	194,4091	270,7851
52	245,1100	0,9641	1,5569	29,4311	222,5388	213,0090	189,7805	264,9033
53	245,7200	0,9680	1,5600	29,4178	222,0306	212,6276	189,3792	265,6089
54	246,2800	0,9657	1,5581	29,4318	223,4396	213,3628	190,4010	265,6041
55	255,0000	0,8066	1,4533	27,9261	314,9294	263,9957	253,5813	332,0602
56	258,5000	0,9756	1,5644	29,4973	234,4668	218,8823	198,2946	267,9447
57	262,2200	0,9664	1,5565	29,3777	245,2904	224,2074	205,6888	277,6082
58	262,5000	0,8232	1,4630	28,3690	314,5986	262,7243	254,0646	318,3256
59	265,0000	0,9752	1,5632	29,5059	243,2505	223,3882	204,5341	270,9608
60	265,0000	0,9602	1,5513	29,4291	250,7965	227,2848	209,7404	276,6880
61	279,4400	0,8438	1,4716	28,2489	341,1408	273,0787	271,9358	344,7462
62	286,1100	0,8578	1,4776	28,5340	342,6718	272,5045	273,2601	341,0727
63	287,0000	0,8277	1,4660	28,3210	357,7735	280,3992	284,4225	337,4265
64	295,0000	0,8219	1,4610	28,5219	371,9528	284,0763	294,2523	346,4071
65	298,6700	0,9082	1,5016	28,4124	346,4257	274,4245	275,7571	345,2322

Tableau A.1.3 : données des fractions pétrolières considérées lourdes de 300 à 523,89°C.

N°	T _{mav} (°C)	d	n	TS à 25°C (dyne/cm)	C _{p298K} (J/moleK)	T-Cong(K)	V _M (10 ⁻³ m ³ /kmole)	PA (K)
1	305,0000	0,8310	1,4652	28,5697	387,8279	289,0853	305,4221	352,9339
2	305,6700	0,8497	1,4719	28,3094	387,9806	289,9895	305,1042	359,8237
3	306,2700	0,8912	1,4896	29,0424	356,6891	275,6643	283,4682	342,2412
4	306,8000	0,8770	1,4838	28,1995	381,1513	288,1262	300,1266	360,1320
5	311,5000	0,8343	1,4690	28,4065	402,9071	294,9756	316,2024	354,5330
6	323,6700	0,8319	1,4637	28,5684	427,8205	300,7917	333,5458	367,1793
7	326,6700	0,9360	1,5212	28,9122	377,0723	284,0118	298,1017	345,5821
8	327,7200	0,8756	1,4968	28,8435	410,7265	294,6162	321,6580	361,0536
9	333,2200	0,8888	1,5044	28,7486	417,8374	297,3871	326,7904	360,4257
10	336,9700	0,8980	1,5100	29,0069	414,5021	295,4148	324,7615	355,6537
11	337,0000	0,8461	1,4742	28,6779	448,9386	306,0776	348,7432	367,8052
12	340,3500	0,8806	1,4993	29,0537	430,2926	299,3341	335,8424	362,4612
13	340,7700	0,9036	1,5138	29,0440	418,1893	296,2090	327,3535	357,4625
14	342,6700	0,8709	1,4842	28,9729	442,2585	302,9021	344,2738	365,1698
15	344,6700	0,9568	1,5366	29,1260	393,6780	288,9445	310,3010	344,7041
16	345,0000	0,8400	1,4710	29,1472	457,0077	305,9791	355,0617	364,5395
17	352,2500	0,9040	1,5130	29,1717	438,8537	301,2726	342,1795	361,1760
18	354,1900	0,9092	1,5156	29,1912	439,2171	301,4793	342,5846	358,8399
19	357,6700	0,8425	1,4694	29,1845	486,8187	312,2428	375,9674	373,7328
20	359,7500	0,8530	1,4798	29,2151	485,6705	311,9959	375,2967	371,6852
21	361,6400	0,9040	1,5120	29,2663	457,8048	305,6115	355,7778	363,9720
22	362,5400	0,8868	1,5004	29,2982	471,6360	308,4747	365,4966	368,7158
23	364,6700	0,9671	1,5452	29,3619	423,0623	296,8791	331,5816	348,5205
24	366,2300	0,8864	1,5002	29,2787	481,5112	310,8540	372,5036	369,7174
25	367,8800	0,9180	1,5190	29,3477	460,9253	306,2047	358,2428	361,5622
26	369,1100	0,9360	1,5108	29,3737	472,7270	308,5324	366,4864	366,5817
27	373,0300	0,8880	1,5000	29,4238	493,0466	312,5399	380,8491	371,5079

Suite du Tableau A.1.3 :

N°	T _{mav} (°C)	d	n	TS à 25°C (dyne/cm)	C _{p298K} (J/moleK)	T-Cong(K)	V _M (10 ⁻³ m ³ /kmole)	PA (K)
28	374,0600	0,9214	1,5207	29,4321	470,9568	308,1217	365,4833	363,0386
29	379,1500	0,9236	1,5218	29,4924	479,8793	309,8591	371,9362	363,8683
30	379,1500	0,8612	1,4836	29,4876	522,9774	318,1622	402,0354	376,1921
31	380,6700	0,8845	1,4919	29,5243	511,1772	315,6863	393,8200	373,9688
32	383,7800	0,9240	1,5220	29,5568	489,0789	311,4574	378,5365	365,7134
33	384,6700	0,8600	1,4820	29,5520	537,1097	320,3258	412,0013	379,2115
34	384,6700	0,9742	1,5492	29,5758	456,8058	304,6792	355,9500	354,0593
35	388,7800	0,9182	1,5172	29,6163	504,0852	314,0852	389,1866	369,3354
36	390,8700	0,8860	1,4980	29,6389	534,0415	319,4372	410,1780	376,4066
37	391,4700	0,8602	1,4821	29,6596	552,3075	322,3820	422,8564	381,2301
38	392,0700	0,9030	1,5085	29,6621	522,3467	317,1607	402,0345	374,1021
39	394,2500	0,8684	1,4862	29,7500	551,1249	321,5205	422,2134	381,1094
40	394,7300	0,8532	1,4766	29,7511	563,0549	323,4279	430,4148	384,3688
41	396,2500	0,8868	1,4974	29,7185	545,4362	320,9700	418,3338	378,1087
42	402,6200	0,8878	1,4979	29,7994	559,9547	322,9787	428,7078	379,8803
43	404,0000	0,8620	1,4820	29,8464	580,7576	325,9844	443,1746	384,4789
44	404,2100	0,8664	1,4770	29,8432	579,0604	325,5977	441,8786	385,2678
45	405,3900	0,9204	1,5172	29,8563	536,3452	318,9622	412,6660	371,4124
46	407,7400	0,8640	1,4830	29,8943	588,8886	326,9813	448,9737	385,3225
47	410,5200	0,8666	1,4833	29,9326	593,9522	327,5159	452,6160	385,7452
48	411,6300	0,8690	1,4855	30,1715	630,1447	331,1452	478,6151	388,5719
49	412,9300	0,9070	1,5142	30,1421	532,3803	316,9865	411,2613	363,4720
50	413,1500	0,8978	1,5029	29,9499	576,7579	324,7094	440,9075	381,3616
51	413,6000	0,9116	1,5108	29,9268	565,7639	323,0938	433,1880	379,5315
52	415,5900	0,8720	1,4870	30,0110	601,4180	328,1249	458,1358	385,6855
53	416,0200	0,8900	1,4980	29,9855	590,2246	326,5979	450,3698	383,4786
54	416,8800	0,8480	1,4720	33,7249	688,0939	368,8082	523,6672	432,6708
55	416,9600	0,8700	1,4860	27,6043	561,7793	303,1222	427,0714	357,7846
56	419,6900	0,8726	1,4863	29,7603	606,0916	326,0839	461,0818	383,3419
57	422,5400	0,8920	1,4980	30,6775	616,2061	334,6054	469,5946	392,3588
58	424,1400	0,8730	1,4865	28,6053	594,5439	314,4614	451,4212	370,0273
59	425,6700	0,9001	1,5002	28,2780	571,5431	308,7781	435,1777	362,9143
60	427,1700	0,8568	1,4764	32,0320	676,6892	351,8234	513,5652	412,6225
61	428,9800	0,8724	1,4852	28,0587	596,2682	309,5805	451,8736	364,0400
62	433,1000	0,8744	1,4872	29,0304	621,2859	319,7496	470,8816	375,1729
63	433,2000	0,8448	1,4694	32,1420	702,2003	354,5620	531,5358	415,4729
64	433,5200	0,8646	1,4803	31,4982	676,1379	346,2303	512,6310	405,6699
65	434,0400	0,8732	1,4856	30,2538	650,2524	333,4316	492,7450	391,0747
66	439,8100	0,8768	1,4874	30,0253	655,3723	330,9629	496,2150	387,7289
67	440,1800	0,8738	1,4859	30,6413	672,6273	338,2213	509,0232	396,2992
68	442,4100	0,8776	1,4878	31,2729	686,9077	344,6055	520,0338	403,5454
69	463,6900	0,8798	1,4869	30,9372	735,1863	343,2483	553,5390	401,4215
70	478,3200	0,9178	1,5089	29,1517	704,4727	323,4923	529,6584	377,0863
71	481,2400	0,9100	1,5040	31,3628	771,9243	348,6810	579,9987	408,3083
72	485,5400	0,8860	1,4890	31,8839	816,1628	355,1412	611,4305	414,8332
73	486,2700	0,9180	1,5090	30,7580	763,4604	341,6293	573,2287	399,4918
74	502,7800	0,8750	1,4865	31,1060	858,2534	348,0499	639,9127	407,2719
75	523,8900	0,9240	1,5090	31,1333	886,7304	348,5781	659,1174	408,6798



*Annexe 2:
Comportement du RNA
par rapport à la base
d'apprentissage et à la
base de test.*

Tension superficielle

Modèle 1

Tableau A.2.1: Comportement du RNA par rapport à la 1ère partie de la base d'apprentissage.

N°	Tmav(°C)	d	n	TS à 25°C (dyne/cm)	RNA	%Erreur
1	35,00	0,6160	1,3610	18,0093	18,0093	0,0002
2	40,00	0,6310	1,3580	18,3459	18,3459	0,0000
3	45,00	0,6340	1,3690	19,5039	19,4459	0,2973
4	53,00	0,6575	1,3711	19,7016	19,7542	0,2668
6	54,50	0,6525	1,3691	19,5328	19,5733	0,2075
7	55,00	0,6490	1,3682	19,8230	19,7935	0,1489
8	55,00	0,6470	1,3750	20,2398	20,2628	0,1137
9	58,00	0,6655	1,3750	20,3134	20,2000	0,5584
11	62,00	0,6705	1,3774	20,4115	20,4992	0,4295
12	62,00	0,6585	1,3722	20,1685	20,2249	0,2797
13	63,00	0,6670	1,3760	20,8006	20,6394	0,7750
14	65,00	0,6580	1,3743	20,5625	20,6171	0,2655
16	65,00	0,6770	1,3890	20,0926	20,0904	0,0108
17	75,00	0,6930	1,3910	21,8057	21,6384	0,7673
18	75,00	0,6820	1,3880	21,5160	21,6299	0,5296
19	75,00	0,6890	1,3940	21,1794	21,1580	0,1011
21	80,50	0,6904	1,3929	22,0228	22,1107	0,3993
22	82,00	0,7129	1,0458	21,5563	21,5546	0,0081
23	85,00	0,7010	1,3990	21,8742	21,9963	0,5580
24	85,00	0,6980	1,3980	22,1565	22,3385	0,8213
26	90,00	0,7030	1,3940	22,1815	22,3310	0,6740
27	90,00	0,6895	1,3880	21,8144	21,9384	0,5684
28	90,50	0,7062	1,4001	23,3221	23,0458	1,1845
29	91,00	0,6980	1,3921	22,4422	22,2406	0,8985
31	92,00	0,6918	1,3893	21,9663	22,0786	0,5112
32	93,00	0,7067	1,3964	21,9039	22,4814	2,6366
33	94,00	0,7048	1,3955	22,7646	22,4176	1,5242
34	94,00	0,7038	1,3951	22,6270	22,4158	0,9332
36	95,00	0,7060	1,4020	23,3839	23,1714	0,9087
37	95,50	0,7095	1,4022	23,7751	23,6200	0,6523
38	97,00	0,7088	1,3976	22,6469	22,5215	0,5538
39	97,00	0,6955	1,3913	22,2546	22,2392	0,0691
41	100,00	0,7237	1,4052	23,3804	23,2310	0,6390
42	100,50	0,7160	1,4040	24,1308	24,1262	0,0191
43	101,00	0,7153	1,4010	22,7221	22,8185	0,4243
44	102,00	0,7300	1,4100	23,0727	23,1302	0,2490
46	104,00	0,7017	1,3947	22,5835	22,6450	0,2724
47	105,00	0,7300	1,4098	23,3593	23,5710	0,9064
48	105,00	0,7240	1,4090	23,0787	23,0399	0,1680
49	105,00	0,7140	1,4060	23,6781	23,8667	0,7965
51	106,00	0,7242	1,4106	21,9441	21,9457	0,0075
52	107,00	0,7218	1,4045	23,1176	23,2767	0,6881
53	108,89	0,7097	1,3987	23,0927	22,9013	0,8288
54	109,00	0,7067	1,3973	22,8161	22,8388	0,0994
56	110,00	0,7188	1,4032	23,3481	23,3015	0,1997
57	110,50	0,7235	1,4087	24,5442	24,5974	0,2167
58	112,00	0,7398	1,4139	24,0664	24,0898	0,0972
59	112,00	0,7347	1,4113	23,6661	23,6742	0,0341
61	113,00	0,7337	1,4109	23,6010	23,6255	0,1037
62	113,50	0,7193	1,4036	23,5222	23,6126	0,3845
63	114,00	0,7163	1,4021	23,4029	23,4034	0,0020

Tableau A.2.3: Comportement du RNA par rapport à la 2ème partie de la base d'apprentissage.

N°	Tmav(°C)	d	n	TS à 25°C (dyne/cm)	RNA	%Erreur
1	150,5600	0,7590	1,4240	24,9591	24,9508	0,0333
2	151,1100	0,7590	1,4325	24,7540	24,7614	0,0298
3	152,0000	0,7700	1,4312	25,3077	25,3036	0,0162
4	153,0000	0,7526	1,4272	24,8658	24,8710	0,0209
6	153,0000	0,7670	1,4296	25,3554	25,3629	0,0297
7	155,0000	0,7670	1,4290	24,5138	24,5234	0,0390
8	155,0000	0,7640	1,4340	24,9015	24,8845	0,0681
9	155,5000	0,7627	1,4274	24,8361	24,8351	0,0039
11	158,0000	0,7720	1,4324	25,5413	25,5470	0,0224
12	158,5000	0,7650	1,4286	25,3074	25,3548	0,1875
13	158,8900	0,7711	1,4356	25,5488	25,4484	0,3931
14	159,0000	0,7745	1,4338	25,7264	25,7442	0,0691
16	161,1100	0,7581	1,4251	25,0179	25,0415	0,0944
17	164,0000	0,8648	1,4889	27,1562	27,1567	0,0017
18	165,0000	0,7690	1,4370	26,1908	26,2032	0,0474
19	165,0000	0,7760	1,4347	25,7495	25,8123	0,2439
21	165,0000	0,7756	1,4382	25,8028	25,7352	0,2620
22	166,0000	0,7627	1,4311	24,8987	24,8971	0,0063
23	175,0000	0,7790	1,4345	25,5148	25,5151	0,0013
24	175,0000	0,7750	1,4400	26,7422	26,7427	0,0017
26	188,8900	0,7790	1,4398	26,0030	25,9062	0,3721
27	190,0000	0,7850	1,4398	25,9611	26,1919	0,8892
28	196,0000	0,7856	1,4402	26,4974	26,3226	0,6596
29	196,0000	0,7915	1,4434	26,5031	26,4861	0,0643
31	196,1100	0,8010	1,4470	26,8828	26,7556	0,4732
32	200,0000	0,7930	1,4443	26,6210	26,5999	0,0792
33	200,0000	0,7880	1,4490	26,2814	26,4989	0,8276
34	202,7800	0,8060	1,4500	27,0369	27,0864	0,1831
36	206,6700	0,8045	1,4444	26,7245	26,9339	0,7835
37	207,0000	0,796	1,4459	26,7790	26,8235	0,1661
38	207,0000	0,8023	1,4494	26,9032	27,0748	0,6380
39	207,2200	0,792	1,4500	26,6190	26,8355	0,8134
41	208,0000	0,782	1,4369	26,6029	26,4319	0,6426
42	208,0000	0,8004	1,4510	27,8615	27,1162	2,6751
43	213,8900	0,7985	1,4473	26,9214	27,0613	0,5195
44	213,8900	0,81	1,4500	27,3509	27,4167	0,2407
46	222,0000	0,793	1,4450	27,0240	27,0306	0,0244
47	223,5000	0,9553	1,5524	28,8147	28,8147	0,0000
48	235,5600	0,9308	1,5321	29,2364	29,4021	0,5668
49	237,5000	0,8076	1,4550	29,0459	29,0108	0,1207
51	244,6100	0,9501	1,5459	29,2837	29,4021	0,4043
52	245,1100	0,9641	1,5569	29,4311	29,4021	0,0984
53	245,7200	0,968	1,5600	29,4178	29,4021	0,0534
54	246,2800	0,9657	1,5581	29,4318	29,4021	0,1008
56	258,5000	0,9756	1,5644	29,4973	29,4021	0,3227
57	262,2200	0,9664	1,5565	29,3777	29,4021	0,0832
58	262,5000	0,8232	1,4630	28,3690	28,3737	0,0164
59	265,0000	0,9752	1,5632	29,5059	29,4021	0,3518
61	279,4400	0,8438	1,4716	28,2489	28,4080	0,5634
62	286,1100	0,8578	1,4776	28,5340	28,4107	0,4321
63	287,0000	0,8277	1,4660	28,3210	28,4034	0,2910
64	295,0000	0,8219	1,4610	28,5219	28,4001	0,4272
65	298,6700	0,9082	1,5016	28,4124	28,4116	0,0027

suite du Tableau A.2.3

Erreur Moy	Erreur Max	Erreur Min
0,2917	2,6751	0,0000

Tableau A.2.4: Mesure des performances en généralisation du réseau sur la base de test.

N°	Tmav(°C)	d	n	TS à 25°C (dyne/cm)	RNA	%Erreur
5	153,0000	0,7715	1,4319	25,5173	26,0390	2,0444
10	157,2200	0,7620	1,4350	24,8416	24,8813	0,1596
15	160,5600	0,8008	1,4436	26,1785	26,8008	2,3771
20	165,0000	0,7820	1,4370	25,9277	26,2846	1,3764
25	186,0000	0,7713	1,4354	25,4895	25,5148	0,0994
30	196,0000	0,7990	1,4476	26,6434	26,7211	0,2917
35	206,1100	0,7860	1,4430	26,4577	26,5190	0,2316
40	207,7800	0,808	1,4485	27,1634	27,1734	0,0367
45	216,0000	0,7919	1,4453	27,1967	26,8937	1,1142
50	244,6100	0,9681	1,5602	29,2962	29,4021	0,3615
55	255,0000	0,8066	1,4533	27,9261	28,1864	0,9321
60	265,0000	0,9602	1,5513	29,4291	29,4021	0,0919

0,7597

Tableau A.2.5: Comportement du RNA par rapport à la 3ème partie de la base d'apprentissage.

N°	Tmav(°C)	d	n	TS à 25°C (dyne/cm)	RNA	%Erreur
1	305,0000	0,8310	1,4652	28,5697	28,5697	0,0000
2	305,6700	0,8497	1,4719	28,3094	28,3727	0,2237
3	306,2700	0,8912	1,4896	29,0424	28,8086	0,8049
4	306,8000	0,8770	1,4838	28,1995	28,3140	0,4061
6	323,6700	0,8319	1,4637	28,5684	28,6975	0,4518
7	326,6700	0,9360	1,5212	28,9122	28,9072	0,0173
8	327,7200	0,8756	1,4968	28,8435	28,8679	0,0845
9	333,2200	0,8888	1,5044	28,7486	28,8972	0,5169
11	337,0000	0,8461	1,4742	28,6779	28,7277	0,1736
12	340,3500	0,8806	1,4993	29,0537	28,9771	0,2636
13	340,7700	0,9036	1,5138	29,0440	29,0619	0,0616
14	342,6700	0,8709	1,4842	28,9729	28,9555	0,0599
16	345,0000	0,8400	1,4710	29,1472	28,8910	0,8791
17	352,2500	0,9040	1,5130	29,1717	29,1228	0,1675
18	354,1900	0,9092	1,5156	29,1912	29,1713	0,0683
19	357,6700	0,8425	1,4694	29,1845	29,1010	0,2860
21	361,6400	0,9040	1,5120	29,2663	29,2060	0,2061
22	362,5400	0,8868	1,5004	29,2982	29,2761	0,0754
23	364,6700	0,9671	1,5452	29,3619	29,3910	0,0990
24	366,2300	0,8864	1,5002	29,2787	29,3338	0,1882
26	369,1100	0,9360	1,5108	29,3737	29,3725	0,0042
27	373,0300	0,8880	1,5000	29,4238	29,4448	0,0715
28	374,0600	0,9214	1,5207	29,4321	29,4362	0,0139
29	379,1500	0,9236	1,5218	29,4924	29,5151	0,0771
31	380,6700	0,8845	1,4919	29,5243	29,6788	0,5234
32	383,7800	0,9240	1,5220	29,5568	29,5803	0,0795
33	384,6700	0,8600	1,4820	29,5520	29,5208	0,1055
34	384,6700	0,9742	1,5492	29,5758	29,5405	0,1195
36	390,8700	0,8860	1,4980	29,6389	29,6979	0,1990
37	391,4700	0,8602	1,4821	29,6596	29,7143	0,1846
38	392,0700	0,9030	1,5085	29,6621	29,6246	0,1265
39	394,2500	0,8684	1,4862	29,7500	29,8241	0,2489
41	396,2500	0,8868	1,4974	29,7185	29,7590	0,1361
42	402,6200	0,8878	1,4979	29,7994	29,8072	0,0263
43	404,0000	0,8620	1,4820	29,8464	29,8898	0,1453
44	404,2100	0,8664	1,4770	29,8432	29,8321	0,0373
46	407,7400	0,8640	1,4830	29,8943	29,9183	0,0802
47	410,5200	0,8666	1,4833	29,9326	29,9292	0,0114
48	411,6300	0,8690	1,4855	30,1715	29,9527	0,7253
49	412,9300	0,9070	1,5142	30,1421	30,1415	0,0020
51	413,6000	0,9116	1,5108	29,9268	29,8446	0,2747
52	415,5900	0,8720	1,4870	30,0110	30,0707	0,1989
53	416,0200	0,8900	1,4980	29,9855	30,0126	0,0905
54	416,8800	0,8480	1,4720	33,7249	33,7260	0,0031
56	419,6900	0,8726	1,4863	29,7603	29,7579	0,0082
57	422,5400	0,8920	1,4980	30,6775	30,6760	0,0050
58	424,1400	0,8730	1,4865	28,6053	28,6039	0,0049
59	425,6700	0,9001	1,5002	28,2780	28,2790	0,0037
61	428,9800	0,8724	1,4852	28,0587	28,0597	0,0037
62	433,1000	0,8744	1,4872	29,0304	29,0310	0,0022
63	433,2000	0,8448	1,4694	32,1420	32,1407	0,0040
64	433,5200	0,8646	1,4803	31,4982	31,4982	0,0000
66	439,8100	0,8768	1,4874	30,0253	30,0253	0,0001

suite du Tableau A.2.5

N°	T _{mav} (°C)	d	n	TS à 25°C (dyne/cm)	RNA	%Erreur
67	440,1800	0,8738	1,4859	30,6413	30,6413	0,0002
68	442,4100	0,8776	1,4878	31,2729	31,1152	0,5043
69	463,6900	0,8798	1,4869	30,9372	30,9666	0,0950
71	481,2400	0,9100	1,5040	31,3628	31,1416	0,7054
72	485,5400	0,8860	1,4890	31,8839	31,8839	0,0001
73	486,2700	0,9180	1,5090	30,7580	31,1452	1,2589
74	502,7800	0,8750	1,4865	31,1060	31,1062	0,0006
75	523,8900	0,9240	1,5090	31,1333	31,0954	0,1218
Erreur Moy		Erreur Max	Erreur Min			
0,1842		1,2589	0,0000			

Tableau A.2.6: Mesure des performances en généralisation du réseau sur la base de test.

N°	T _{mav} (°C)	d	n	TS à 25°C (dyne/cm)	RNA	%Erreur
5	311,5000	0,8343	1,4690	28,4065	28,4301	0,0830
10	336,9700	0,8980	1,5100	29,0069	28,9667	0,1387
15	344,6700	0,9568	1,5366	29,1260	29,2853	0,5470
20	359,7500	0,8530	1,4798	29,2151	28,9711	0,8350
25	367,8800	0,9180	1,5190	29,3477	29,3399	0,0265
30	379,1500	0,8612	1,4836	29,4876	29,5556	0,2307
35	388,7800	0,9182	1,5172	29,6163	29,5774	0,1315
40	394,7300	0,8532	1,4766	29,7511	29,3341	1,4017
45	405,3900	0,9204	1,5172	29,8563	29,7688	0,2930
50	413,1500	0,8978	1,5029	29,9499	29,8811	0,2298
55	416,9600	0,8700	1,4860	27,6043	30,2308	9,5148
60	427,1700	0,8568	1,4764	32,0320	34,4055	7,4097
65	434,0400	0,8732	1,4856	30,2538	28,9995	4,1459
70	478,3200	0,9178	1,5089	29,1517	31,1424	6,8289
						2,2726

Modèle 2

Tableau A.2.7: Comportement du RNA par rapport à la 1ère partie de la base d'apprentissage.

N°	Tmav(°C)	d	n	TS à 25°C (dyne/cm)	RNA	%Erreur
1	35,00	0,6160	1,3610	18,0093	18,2351	1,2536
2	40,00	0,6310	1,3580	18,3459	18,7420	2,1590
3	45,00	0,6340	1,3690	19,5039	19,0086	2,5394
4	53,00	0,6575	1,3711	19,7016	19,8919	0,9657
6	54,50	0,6525	1,3691	19,5328	19,8104	1,4213
7	55,00	0,6490	1,3682	19,8230	19,7353	0,4425
8	55,00	0,6470	1,3750	20,2398	19,7020	2,6571
9	58,00	0,6655	1,3750	20,3134	20,2915	0,1080
11	62,00	0,6705	1,3774	20,4115	20,5740	0,7959
12	62,00	0,6585	1,3722	20,1685	20,2452	0,3804
13	63,00	0,6670	1,3760	20,8006	20,5145	1,3755
14	65,00	0,6580	1,3743	20,5625	20,3464	1,0510
16	65,00	0,6770	1,3890	20,0926	20,8844	3,9409
17	75,00	0,6930	1,3910	21,8057	21,6578	0,6783
18	75,00	0,6820	1,3880	21,5160	21,3669	0,6928
19	75,00	0,6890	1,3940	21,1794	21,5628	1,8102
21	80,50	0,6904	1,3929	22,0228	21,7832	1,0878
22	82,00	0,7129	1,0458	21,5563	21,5118	0,2067
23	85,00	0,7010	1,3990	21,8742	22,2114	1,5414
24	85,00	0,6980	1,3980	22,1565	22,1347	0,0986
26	90,00	0,7030	1,3940	22,1815	22,4068	1,0157
27	90,00	0,6895	1,3880	21,8144	22,0615	1,1327
28	90,50	0,7062	1,4001	23,3221	22,5132	3,4682
29	91,00	0,6980	1,3921	22,4422	22,3118	0,5812
31	92,00	0,6918	1,3893	21,9663	22,1850	0,9956
32	93,00	0,7067	1,3964	21,9039	22,5930	3,1461
33	94,00	0,7048	1,3955	22,7646	22,5757	0,8297
34	94,00	0,7038	1,3951	22,6270	22,5509	0,3361
36	95,00	0,7060	1,4020	23,3839	22,6480	3,1470
37	95,50	0,7095	1,4022	23,7751	22,7460	4,3284
38	97,00	0,7088	1,3976	22,6469	22,7637	0,5157
39	97,00	0,6955	1,3913	22,2546	22,4341	0,8066
41	100,00	0,7237	1,4052	23,3804	23,2070	0,7416
42	100,50	0,7160	1,4040	24,1308	23,0429	4,5084
43	101,00	0,7153	1,4010	22,7221	23,0349	1,3766
44	102,00	0,7300	1,4100	23,0727	23,4100	1,4617
46	104,00	0,7017	1,3947	22,5835	22,7926	0,9260
47	105,00	0,7300	1,4098	23,3593	23,4865	0,5446
48	105,00	0,7240	1,4090	23,0787	23,3528	1,1878
49	105,00	0,7140	1,4060	23,6781	23,1235	2,3423
51	106,00	0,7242	1,4106	21,9441	23,3857	6,5696
52	107,00	0,7218	1,4045	23,1176	23,3477	0,9952
53	108,89	0,7097	1,3987	23,0927	23,1168	0,1044
54	109,00	0,7067	1,3973	22,8161	23,0496	1,0233
56	110,00	0,7188	1,4032	23,3481	23,3559	0,0333
57	110,50	0,7235	1,4087	24,5442	23,4805	4,3339
58	112,00	0,7398	1,4139	24,0664	23,8724	0,8062
59	112,00	0,7347	1,4113	23,6661	23,7611	0,4013
61	113,00	0,7337	1,4109	23,6010	23,7628	0,6855
62	113,50	0,7193	1,4036	23,5222	23,4550	0,2855
63	114,00	0,7163	1,4021	23,4029	23,3997	0,0138
64	114,00	0,7258	1,4069	23,7334	23,6124	0,5099

Tableau A.2.9: Comportement du RNA par rapport à la 2ème partie de la base d'apprentissage.

N°	Tmav(°C)	d	n	TS à 25°C (dyne/cm)	RNA	%Erreur
1	150,5600	0,7590	1,4240	24,9591	24,9407	0,0738
2	151,1100	0,7590	1,4325	24,7540	25,1057	1,4207
3	152,0000	0,7700	1,4312	25,3077	25,1446	0,6445
4	153,0000	0,7526	1,4272	24,8658	25,0143	0,5972
6	153,0000	0,7670	1,4296	25,3554	25,1197	0,9294
7	155,0000	0,7670	1,4290	24,5138	25,1456	2,5772
8	155,0000	0,7640	1,4340	24,9015	25,2286	1,3137
9	155,5000	0,7627	1,4274	24,8361	25,1055	1,0848
11	158,0000	0,7720	1,4324	25,5413	25,2937	0,9694
12	158,5000	0,7650	1,4286	25,3074	25,1961	0,4396
13	158,8900	0,7711	1,4356	25,5488	25,3720	0,6921
14	159,0000	0,7745	1,4338	25,7264	25,3544	1,4461
16	161,1100	0,7581	1,4251	25,0179	25,1474	0,5177
17	164,0000	0,8648	1,4889	27,1562	27,2144	0,2142
18	165,0000	0,7690	1,4370	26,1908	25,5225	2,5516
19	165,0000	0,7760	1,4347	25,7495	25,5104	0,9286
21	165,0000	0,7756	1,4382	25,8028	25,5823	0,8546
22	166,0000	0,7627	1,4311	24,8987	25,3897	1,9721
23	175,0000	0,7790	1,4345	25,5148	25,7567	0,9482
24	175,0000	0,7750	1,4400	26,7422	25,8557	3,3151
26	188,8900	0,7790	1,4398	26,0030	26,2284	0,8670
27	190,0000	0,7850	1,4398	25,9611	26,2931	1,2790
28	196,0000	0,7856	1,4402	26,4974	26,4626	0,1312
29	196,0000	0,7915	1,4434	26,5031	26,5705	0,2542
31	196,1100	0,8010	1,4470	26,8828	26,7112	0,6383
32	200,0000	0,7930	1,4443	26,6210	26,7028	0,3073
33	200,0000	0,7880	1,4490	26,2814	26,7795	1,8952
34	202,7800	0,8060	1,4500	27,0369	26,9746	0,2304
36	206,6700	0,8045	1,4444	26,7245	26,9385	0,8007
37	207,0000	0,7960	1,4459	26,7790	26,9316	0,5697
38	207,0000	0,8023	1,4494	26,9032	27,0433	0,5209
39	207,2200	0,7920	1,4500	26,6190	27,0044	1,4479
41	208,0000	0,7820	1,4369	26,6029	26,6771	0,2791
42	208,0000	0,8004	1,4510	27,8615	27,0915	2,7638
43	213,8900	0,7985	1,4473	26,9214	27,1403	0,8129
44	213,8900	0,8100	1,4500	27,3509	27,2574	0,3418
46	222,0000	0,7930	1,4450	27,0240	27,2472	0,8259
47	223,5000	0,9553	1,5524	28,8147	29,2893	1,6471
48	235,5600	0,9308	1,5321	29,2364	29,0960	0,4802
49	237,5000	0,8076	1,4550	29,0459	27,7979	4,2965
51	244,6100	0,9501	1,5459	29,2837	29,2538	0,1021
52	245,1100	0,9641	1,5569	29,4311	29,3546	0,2598
53	245,7200	0,9680	1,5600	29,4178	29,3812	0,1244
54	246,2800	0,9657	1,5581	29,4318	29,3647	0,2279
56	258,5000	0,9756	1,5644	29,4973	29,4053	0,3118
57	262,2200	0,9664	1,5565	29,3777	29,3370	0,1384
58	262,5000	0,8232	1,4630	28,3690	28,2621	0,3770
59	265,0000	0,9752	1,5632	29,5059	29,3856	0,4077
61	279,4400	0,8438	1,4716	28,2489	28,4917	0,8597
62	286,1100	0,8578	1,4776	28,5340	28,5832	0,1724
63	287,0000	0,8277	1,4660	28,3210	28,4427	0,4297
64	295,0000	0,8219	1,4610	28,5219	28,4135	0,3802
65	298,6700	0,9082	1,5016	28,4124	28,8190	1,4312

suite du Tableau A.2.9

Erreur Moy	Erreur Max	Erreur Min
0,9265	4,2965	0,0738

Tableau A.2.10: Mesure des performances en généralisation du réseau sur la base de test.

N°	Tmav(°C)	d	n	TS à 25°C (dyne/cm)	RNA	%Erreur
5	153,0000	0,7715	1,4319	25,5173	25,1834	1,3086
10	157,2200	0,7620	1,4350	24,8416	25,2826	1,7751
15	160,5600	0,8008	1,4436	26,1785	25,7301	1,7129
20	165,0000	0,7820	1,4370	25,9277	25,5905	1,3006
25	186,0000	0,7713	1,4354	25,4895	26,0081	2,0347
30	196,0000	0,7990	1,4476	26,6434	26,7102	0,2507
35	206,1100	0,7860	1,4430	26,4577	26,7882	1,2491
40	207,7800	0,8080	1,4485	27,1634	27,0739	0,3296
45	216,0000	0,7919	1,4453	27,1967	27,1117	0,3126
50	244,6100	0,9681	1,5602	29,2962	29,3833	0,2973
55	255,0000	0,8066	1,4533	27,9261	28,0114	0,3055
60	265,0000	0,9602	1,5513	29,4291	29,2905	0,4711
						0,9456

Tableau A.2.11: Comportement du RNA par rapport à la 3ème partie de la base d'apprentissage.

N°	Tmav(°C)	d	n	TS à 25°C (dyne/cm)	RNA	%Erreur
1	305,0000	0,8310	1,4652	28,5697	28,5600	0,0339
2	305,6700	0,8497	1,4719	28,3094	28,1180	0,6760
3	306,2700	0,8912	1,4896	29,0424	28,6580	1,3234
4	306,8000	0,8770	1,4838	28,1995	28,4177	0,7739
6	323,6700	0,8319	1,4637	28,5684	29,1769	2,1299
7	326,6700	0,9360	1,5212	28,9122	29,0190	0,3694
8	327,7200	0,8756	1,4968	28,8435	28,7703	0,2539
9	333,2200	0,8888	1,5044	28,7486	29,0135	0,9214
11	337,0000	0,8461	1,4742	28,6779	28,7191	0,1436
12	340,3500	0,8806	1,4993	29,0537	28,9410	0,3879
13	340,7700	0,9036	1,5138	29,0440	29,1861	0,4892
14	342,6700	0,8709	1,4842	28,9729	28,6340	1,1696
16	345,0000	0,8400	1,4710	29,1472	29,2021	0,1882
17	352,2500	0,9040	1,5130	29,1717	29,2920	0,4126
18	354,1900	0,9092	1,5156	29,1912	29,3229	0,4510
19	357,6700	0,8425	1,4694	29,1845	29,6190	1,4889
21	361,6400	0,9040	1,5120	29,2663	29,3816	0,3939
22	362,5400	0,8868	1,5004	29,2982	29,1866	0,3809
23	364,6700	0,9671	1,5452	29,3619	29,1807	0,6172
24	366,2300	0,8864	1,5002	29,2787	29,2146	0,2189
26	369,1100	0,9360	1,5108	29,3737	29,4377	0,2178
27	373,0300	0,8880	1,5000	29,4238	29,2869	0,4652
28	374,0600	0,9214	1,5207	29,4321	29,5358	0,3523
29	379,1500	0,9236	1,5218	29,4924	29,5925	0,3396
31	380,6700	0,8845	1,4919	29,5243	29,2221	1,0234
32	383,7800	0,9240	1,5220	29,5568	29,6495	0,3136
33	384,6700	0,8600	1,4820	29,5520	29,4223	0,4388
34	384,6700	0,9742	1,5492	29,5758	29,3412	0,7933
36	390,8700	0,8860	1,4980	29,6389	29,4283	0,7106
37	391,4700	0,8602	1,4821	29,6596	29,5859	0,2484
38	392,0700	0,9030	1,5085	29,6621	29,6804	0,0616
39	394,2500	0,8684	1,4862	29,7500	29,4400	1,0422
41	396,2500	0,8868	1,4974	29,7185	29,4857	0,7835
42	402,6200	0,8878	1,4979	29,7994	29,5718	0,7637
43	404,0000	0,8620	1,4820	29,8464	29,8847	0,1282
44	404,2100	0,8664	1,4770	29,8432	29,9975	0,5170
46	407,7400	0,8640	1,4830	29,8943	29,9050	0,0357
47	410,5200	0,8666	1,4833	29,9326	29,9149	0,0592
48	411,6300	0,8690	1,4855	30,1715	29,8316	1,1267
49	412,9300	0,9070	1,5142	30,1421	29,9926	0,4960
51	413,6000	0,9116	1,5108	29,9268	29,9799	0,1774
52	415,5900	0,8720	1,4870	30,0110	29,8411	0,5662
53	416,0200	0,8900	1,4980	29,9855	29,7453	0,8009
54	416,8800	0,8480	1,4720	33,7249	31,3447	7,0578
56	419,6900	0,8726	1,4863	29,7603	29,9434	0,6151
57	422,5400	0,8920	1,4980	30,6775	29,8342	2,7491
58	424,1400	0,8730	1,4865	28,6053	30,0356	5,0001
59	425,6700	0,9001	1,5002	28,2780	29,9315	5,8474
61	428,9800	0,8724	1,4852	28,0587	30,2067	7,6556
62	433,1000	0,8744	1,4872	29,0304	30,2037	4,0417
63	433,2000	0,8448	1,4694	32,1420	32,2447	0,3196
64	433,5200	0,8646	1,4803	31,4982	30,7636	2,3322
66	439,8100	0,8768	1,4874	30,0253	30,3150	0,9649

suite du Tableau A.2.11

N°	T _{mav} (°C)	d	n	TS à 25°C (dyne/cm)	RNA	%Erreur
67	440,1800	0,8738	1,4859	30,6413	30,4377	0,6646
68	442,4100	0,8776	1,4878	31,2729	30,3495	2,9527
69	463,6900	0,8798	1,4869	30,9372	30,8651	0,2331
71	481,2400	0,9100	1,5040	31,3628	30,6205	2,3670
72	485,5400	0,8860	1,4890	31,8839	31,1703	2,2381
73	486,2700	0,9180	1,5090	30,7580	30,7481	0,0322
74	502,7800	0,8750	1,4865	31,1060	32,1073	3,2189
75	523,8900	0,9240	1,5090	31,1333	31,0778	0,1784
Erreur Moy		Erreur Max	Erreur Min			
1,1927		7,6556	0,0322			

Tableau A.2.12: Mesure des performances en généralisation du réseau sur la base de test.

N°	T _{mav} (°C)	d	n	TS à 25°C (dyne/cm)	RNA	%Erreur
5	311,5000	0,8343	1,4690	28,4065	28,4937	0,3069
10	336,9700	0,8980	1,5100	29,0069	29,1255	0,4088
15	344,6700	0,9568	1,5366	29,1260	29,0671	0,2022
20	359,7500	0,8530	1,4798	29,2151	28,9943	0,7556
25	367,8800	0,9180	1,5190	29,3477	29,4690	0,4134
30	379,1500	0,8612	1,4836	29,4876	29,2407	0,8372
35	388,7800	0,9182	1,5172	29,6163	29,7174	0,3412
40	394,7300	0,8532	1,4766	29,7511	30,0930	1,1491
45	405,3900	0,9204	1,5172	29,8563	29,9280	0,2402
50	413,1500	0,8978	1,5029	29,9499	29,8143	0,4528
55	416,9600	0,8700	1,4860	27,6043	29,9283	8,4190
60	427,1700	0,8568	1,4764	32,0320	31,0619	3,0286
65	434,0400	0,8732	1,4856	30,2538	30,3045	0,1676
70	478,3200	0,9178	1,5089	29,1517	30,6754	5,2269
						1,5678

Chaleur spécifique

Modèle 1

Tableau A.2.13: Comportement du RNA par rapport à la 1ère partie de la base d'apprentissage.

N°	T _{mav} (°C)	d	n	C _{p298K} (J/moleK)	RNA	%Erreur
1	35,00	0,6160	1,3610	144,2714	143,8413	0,2981
2	40,00	0,6310	1,3580	147,7628	148,8646	0,7457
3	45,00	0,6340	1,3690	145,7851	147,1312	0,9234
4	53,00	0,6575	1,3711	152,5494	151,9140	0,4165
6	54,50	0,6525	1,3691	154,8777	153,8324	0,6749
7	55,00	0,6490	1,3682	153,6596	154,5405	0,5733
8	55,00	0,6470	1,3750	150,9257	150,8654	0,0399
9	58,00	0,6655	1,3750	153,6154	153,6570	0,0271
11	62,00	0,6705	1,3774	156,6641	155,4322	0,7863
12	62,00	0,6585	1,3722	158,1916	157,9700	0,1401
13	63,00	0,6670	1,3760	155,2522	156,8150	1,0066
14	65,00	0,6580	1,3743	158,7279	158,9413	0,1344
16	65,00	0,6770	1,3890	161,6004	161,1456	0,2814
17	75,00	0,6930	1,3910	159,9568	158,3976	0,9747
18	75,00	0,6820	1,3880	162,2220	159,8567	1,4581
19	75,00	0,6890	1,3940	164,1959	165,4556	0,7672
21	80,50	0,6904	1,3929	163,3565	161,4844	1,1460
22	82,00	0,7129	1,0458	167,2243	167,2243	0,0000
23	85,00	0,7010	1,3990	169,0472	168,5214	0,3111
24	85,00	0,6980	1,3980	167,2885	169,2924	1,1978
26	90,00	0,7030	1,3940	171,8572	170,6598	0,6967
27	90,00	0,6895	1,3880	174,5991	173,0176	0,9058
28	90,50	0,7062	1,4001	163,0418	166,0130	1,8224
29	91,00	0,6980	1,3921	170,5497	171,4830	0,5472
31	92,00	0,6918	1,3893	175,5038	174,1103	0,7940
32	93,00	0,7067	1,3964	176,3248	177,7669	0,8179
33	94,00	0,7048	1,3955	171,1827	172,2334	0,6138
34	94,00	0,7038	1,3951	172,6011	172,4662	0,0782
36	95,00	0,7060	1,4020	167,1206	168,6954	0,9423
37	95,50	0,7095	1,4022	164,2579	165,1834	0,5635
38	97,00	0,7088	1,3976	174,7429	173,7820	0,5499
39	97,00	0,6955	1,3913	178,4220	177,7448	0,3795
41	100,00	0,7237	1,4052	171,5319	171,9553	0,2468
42	100,50	0,7160	1,4040	166,0857	167,8795	1,0801
43	101,00	0,7153	1,4010	178,4179	175,5129	1,6282
44	102,00	0,7300	1,4100	175,8599	175,8522	0,0044
46	104,00	0,7017	1,3947	183,1084	182,6919	0,2275
47	105,00	0,7300	1,4098	176,7686	173,7225	1,7232
48	105,00	0,7240	1,4090	179,6463	178,9843	0,3685
49	105,00	0,7140	1,4060	174,3788	175,6518	0,7300
51	106,00	0,7242	1,4106	188,7681	187,5655	0,6371
52	107,00	0,7218	1,4045	181,1820	179,2324	1,0761
53	108,89	0,7097	1,3987	184,1140	185,1884	0,5835
54	109,00	0,7067	1,3973	186,4656	186,2977	0,0900
56	110,00	0,7188	1,4032	183,0254	183,2407	0,1176
57	110,50	0,7235	1,4087	172,3431	176,4500	2,3829
58	112,00	0,7398	1,4139	177,4787	178,0925	0,3459
59	112,00	0,7347	1,4113	180,4603	179,8154	0,3574
61	113,00	0,7337	1,4109	182,4066	181,1134	0,7090
62	113,50	0,7193	1,4036	184,6728	186,7755	1,1386
63	114,00	0,7163	1,4021	186,7647	188,4329	0,8932
64	114,00	0,7258	1,4069	183,3262	184,9624	0,8925

suite du Tableau A.2.13

N°	T _{mav} (°C)	d	n	C _{p298K} (J/moleK)	RNA	%Erreur
66	115,00	0,7260	1,4120	182,8823	181,8925	0,5412
67	115,00	0,7377	1,4130	180,7273	181,7784	0,5816
68	116,00	0,7312	1,4097	185,9740	185,9791	0,0027
69	116,00	0,7437	1,4162	180,1648	180,6340	0,2604
71	117,00	0,7318	1,4100	188,4293	187,0487	0,7327
72	121,00	0,7228	1,4057	191,1962	193,8602	1,3933
73	124,00	0,7427	1,4159	190,2047	189,5953	0,3204
74	125,00	0,7320	1,4110	190,8505	194,4607	1,8917
76	125,00	0,7330	1,4180	187,4294	188,3037	0,4665
77	126,00	0,7326	1,4150	199,3116	199,0741	0,1192
78	126,67	0,7352	1,4121	195,7724	195,6979	0,0380
79	126,67	0,7483	1,4188	188,6713	190,5039	0,9713
81	128,00	0,7387	1,4140	197,0838	195,8028	0,6500
82	130,00	0,7427	1,4161	194,7679	196,5817	0,9312
83	133,00	0,7458	1,4158	200,0942	199,9333	0,0804
84	133,00	0,7458	1,4178	196,6882	198,9415	1,1456
86	135,00	0,7450	1,4220	197,1978	197,4017	0,1034
87	138,89	0,7734	1,4328	192,1581	194,3941	1,1636
88	140,00	0,7490	1,4193	208,0298	206,8212	0,5810
89	145,00	0,7540	1,4270	207,3671	206,1302	0,5965
91	146,11	0,7520	1,4270	209,6959	207,4912	1,0514
92	147,00	0,7513	1,4210	206,4546	206,3656	0,0431
93	147,00	0,7680	1,4300	204,3587	204,3534	0,0026
94	147,00	0,7635	1,4275	203,0400	203,7235	0,3367
95	148,00	0,7685	1,4303	202,2910	201,8545	0,2158
Erreur Moy		Erreur Max	Erreur Min			
0,6502		2,3829	0,0000			

Tableau A.2.14: Mesure des performances en généralisation du réseau sur la base de test.

N°	T _{mav} (°C)	d	n	C _{p298K} (J/moleK)	RNA	% Erreur
5	54,44	0,6535	1,3694	151,0192	153,6675	1,7536
10	58,00	0,6602	1,3726	156,2000	154,7499	0,9283
15	65,00	0,6620	1,3820	152,3949	154,7366	1,5366
20	79,00	0,6890	1,3871	163,5696	163,7962	0,1385
25	85,50	0,7001	1,3969	163,9015	163,5416	0,2196
30	91,11	0,7322	1,4074	159,6643	172,0241	7,7411
35	95,00	0,7150	1,4050	171,5764	176,0715	2,6199
40	100,00	0,7117	1,3993	174,7851	175,5988	0,4656
45	103,89	0,7168	1,4019	180,6665	177,7903	1,5920
50	105,50	0,7191	1,4065	169,7160	176,0497	3,7319
55	110,00	0,7228	1,4052	179,9180	181,8627	1,0809
60	112,00	0,7241	1,4052	184,4102	184,0825	0,1777
65	115,00	0,7300	1,4120	185,3675	182,1277	1,7477
70	117,00	0,7305	1,4094	188,0318	186,4735	0,8288
75	125,00	0,7400	1,4200	190,4033	187,0326	1,7703
80	127,00	0,7508	1,4202	187,8452	189,8183	1,0504
85	134,00	0,7508	1,4204	197,6543	198,0695	0,2101
90	146,00	0,7490	1,4239	209,6657	210,3660	0,3340
						1,5515

Tableau A.2.15: Comportement du RNA par rapport à la 2ème partie de la base d'apprentissage.

N°	T _{max} (°C)	d	n	C _{p298K} (J/moleK)	RNA	%Erreur
1	150,5600	0,7590	1,4240	211,3765	213,0067	0,7712
2	151,1100	0,7590	1,4325	213,3155	209,4825	1,7969
3	152,0000	0,7700	1,4312	207,7404	208,3320	0,2848
4	153,0000	0,7526	1,4272	214,0120	215,8116	0,8409
6	153,0000	0,7670	1,4296	208,8720	210,9354	0,9879
7	155,0000	0,7670	1,4290	219,5383	213,4558	2,7706
8	155,0000	0,7640	1,4340	216,2821	211,7976	2,0735
9	155,5000	0,7627	1,4274	217,4202	215,9226	0,6888
11	158,0000	0,7720	1,4324	212,4629	213,8826	0,6682
12	158,5000	0,7650	1,4286	216,0035	218,1539	0,9955
13	158,8900	0,7711	1,4356	213,5684	213,5742	0,0027
14	159,0000	0,7745	1,4338	211,7127	213,6837	0,9310
16	161,1100	0,7581	1,4251	223,8267	224,6393	0,3630
17	164,0000	0,8648	1,4889	183,5924	186,4354	1,5485
18	165,0000	0,7690	1,4370	215,4659	220,5669	2,3674
19	165,0000	0,7760	1,4347	218,5076	219,7750	0,5800
21	165,0000	0,7756	1,4382	217,9201	218,1864	0,1222
22	166,0000	0,7627	1,4311	230,2124	226,2482	1,7220
23	175,0000	0,7790	1,4345	233,4006	230,7539	1,1340
24	175,0000	0,7750	1,4400	221,1932	229,4448	3,7305
26	188,8900	0,7790	1,4398	246,3419	244,4628	0,7628
27	190,0000	0,7850	1,4398	247,2483	244,0926	1,2763
28	196,0000	0,7856	1,4402	249,0508	250,2408	0,4778
29	196,0000	0,7915	1,4434	248,4496	247,8973	0,2223
31	196,1100	0,8010	1,4470	242,3750	244,3641	0,8207
32	200,0000	0,7930	1,4443	252,3566	251,6058	0,2975
33	200,0000	0,7880	1,4490	257,0133	251,8469	2,0102
34	202,7800	0,8060	1,4500	248,5604	249,7359	0,4729
36	206,6700	0,8045	1,4444	258,8868	255,5958	1,2712
37	207,0000	0,7960	1,4459	259,7750	257,8941	0,7241
38	207,0000	0,8023	1,4494	257,0065	255,6027	0,5462
39	207,2200	0,7920	1,4500	262,2668	258,5386	1,4215
41	208,0000	0,7820	1,4369	266,0281	263,2657	1,0384
42	208,0000	0,8004	1,4510	246,6153	256,9122	4,1753
43	213,8900	0,7985	1,4473	267,4704	264,1600	1,2377
44	213,8900	0,8100	1,4500	259,0170	260,8292	0,6997
46	222,0000	0,7930	1,4450	279,0719	273,7556	1,9050
47	223,5000	0,9553	1,5524	206,4457	205,0916	0,6559
48	235,5600	0,9308	1,5321	225,6071	224,2668	0,5941
49	237,5000	0,8076	1,4550	269,4247	286,6432	6,3908
51	244,6100	0,9501	1,5459	229,2947	227,1810	0,9218
52	245,1100	0,9641	1,5569	222,5388	222,4678	0,0319
53	245,7200	0,9680	1,5600	222,0306	221,9152	0,0520
54	246,2800	0,9657	1,5581	223,4396	223,2622	0,0794
56	258,5000	0,9756	1,5644	234,4668	234,9580	0,2095
57	262,2200	0,9664	1,5565	245,2904	245,0348	0,1042
58	262,5000	0,8232	1,4630	314,5986	314,4260	0,0549
59	265,0000	0,9752	1,5632	243,2505	244,8817	0,6706
61	279,4400	0,8438	1,4716	341,1408	334,9636	1,8107
62	286,1100	0,8578	1,4776	342,6718	342,1883	0,1411
63	287,0000	0,8277	1,4660	357,7735	355,5216	0,6294
64	295,0000	0,8219	1,4610	371,9528	374,1277	0,5847
65	298,6700	0,9082	1,5016	346,4257	348,4913	0,5963

suite du Tableau A.2.15

Erreur Moy	Erreur Max	Erreur Min
1,0805	6,3908	0,0027

Tableau A.2.16: Mesure des performances en généralisation du réseau sur la base de test.

N°	T _{max} (°C)	d	n	Cp _{298K} (J/moleK)	RNA	% Erreur
5	153,0000	0,7715	1,4319	206,9348	208,7087	0,8572
10	157,2200	0,7620	1,4350	219,6776	214,3473	2,4264
15	160,5600	0,8008	1,4436	205,2710	204,3301	0,4583
20	165,0000	0,7820	1,4370	215,8180	217,0405	0,5664
25	186,0000	0,7713	1,4354	249,3443	244,6526	1,8816
30	196,0000	0,7990	1,4476	245,3362	244,6020	0,2993
35	206,1100	0,7860	1,4430	264,0551	259,9555	1,5526
40	207,7800	0,8080	1,4485	253,5729	255,0875	0,5973
45	216,0000	0,7919	1,4453	267,2141	268,1071	0,3342
50	244,6100	0,9681	1,5602	222,1003	220,6928	0,6337
55	255,0000	0,8066	1,4533	314,9294	307,9073	2,2297
60	265,0000	0,9602	1,5513	250,7965	253,6155	1,1240

1,0801

Tableau A.2.17: Comportement du RNA par rapport à la 3ème partie de la base d'apprentissage.

N°	T _{max} (°C)	d	n	Cp _{298K} (J/moleK)	RNA	%Erreur
1	305,0000	0,8310	1,4652	387,8279	394,3083	1,6709
2	305,6700	0,8497	1,4719	387,9806	387,2273	0,1942
3	306,2700	0,8912	1,4896	356,6891	369,9046	3,7050
4	306,8000	0,8770	1,4838	381,1513	376,6310	1,1860
6	323,6700	0,8319	1,4637	427,8205	430,0283	0,5161
7	326,6700	0,9360	1,5212	377,0723	376,2540	0,2170
8	327,7200	0,8756	1,4968	410,7265	405,9743	1,1570
9	333,2200	0,8888	1,5044	417,8374	408,2546	2,2934
11	337,0000	0,8461	1,4742	448,9386	446,5165	0,5395
12	340,3500	0,8806	1,4993	430,2926	427,3297	0,6886
13	340,7700	0,9036	1,5138	418,1893	412,9470	1,2536
14	342,6700	0,8709	1,4842	442,2585	444,3152	0,4651
16	345,0000	0,8400	1,4710	457,0077	467,5529	2,3074
17	352,2500	0,9040	1,5130	438,8537	435,9339	0,6653
18	354,1900	0,9092	1,5156	439,2171	436,7058	0,5718
19	357,6700	0,8425	1,4694	486,8187	495,4405	1,7711
21	361,6400	0,9040	1,5120	457,8048	456,1671	0,3577
22	362,5400	0,8868	1,5004	471,6360	471,1646	0,1000
23	364,6700	0,9671	1,5452	423,0623	422,4549	0,1436
24	366,2300	0,8864	1,5002	481,5112	479,4576	0,4265
26	369,1100	0,9360	1,5108	472,7270	462,7023	2,1206
27	373,0300	0,8880	1,5000	493,0466	493,9493	0,1831
28	374,0600	0,9214	1,5207	470,9568	471,6405	0,1452
29	379,1500	0,9236	1,5218	479,8793	481,2884	0,2936
31	380,6700	0,8845	1,4919	511,1772	517,0984	1,1584
32	383,7800	0,9240	1,5220	489,0789	491,1592	0,4254
33	384,6700	0,8600	1,4820	537,1097	539,7874	0,4985
34	384,6700	0,9742	1,5492	456,8058	458,9549	0,4705
36	390,8700	0,8860	1,4980	534,0415	534,5004	0,0859
37	391,4700	0,8602	1,4821	552,3075	553,6462	0,2424
38	392,0700	0,9030	1,5085	522,3467	524,9000	0,4888
39	394,2500	0,8684	1,4862	551,1249	554,2861	0,5736
41	396,2500	0,8868	1,4974	545,4362	545,8589	0,0775
42	402,6200	0,8878	1,4979	559,9547	558,1734	0,3181
43	404,0000	0,8620	1,4820	580,7576	577,5372	0,5545
44	404,2100	0,8664	1,4770	579,0604	580,9033	0,3182
46	407,7400	0,8640	1,4830	588,8886	583,3058	0,9480
47	410,5200	0,8666	1,4833	593,9522	587,4459	1,0954
48	411,6300	0,8690	1,4855	630,1447	587,5978	6,7519
49	412,9300	0,9070	1,5142	532,3803	563,1528	5,7802
51	413,6000	0,9116	1,5108	565,7639	565,1376	0,1107
52	415,5900	0,8720	1,4870	601,4180	592,9672	1,4051
53	416,0200	0,8900	1,4980	590,2246	583,0691	1,2123
54	416,8800	0,8480	1,4720	688,0939	673,5125	2,1191
56	419,6900	0,8726	1,4863	606,0916	600,1473	0,9808
57	422,5400	0,8920	1,4980	616,2061	594,0925	3,5887
58	424,1400	0,8730	1,4865	594,5439	607,2152	2,1313
59	425,6700	0,9001	1,5002	571,5431	596,3040	4,3323
61	428,9800	0,8724	1,4852	596,2682	616,4069	3,3775
62	433,1000	0,8744	1,4872	621,2859	620,6395	0,1040
63	433,2000	0,8448	1,4694	702,2003	699,3613	0,4043
64	433,5200	0,8646	1,4803	676,1379	691,1095	2,2143
66	439,8100	0,8768	1,4874	655,3723	655,7392	0,0560
67	440,1800	0,8738	1,4859	672,6273	685,4813	1,9110

suite du Tableau A.2.17

N°	T _{mav} (°C)	d	n	Cp _{298K} (J/moleK)	RNA	%Erreur
68	442,4100	0,8776	1,4878	686,9077	676,319	1,5415
69	463,6900	0,8798	1,4869	735,1863	733,8874	0,1767
71	481,2400	0,9100	1,5040	771,9243	770,5758	0,1747
72	485,5400	0,8860	1,4890	816,1628	816,7167	0,0679
73	486,2700	0,9180	1,5090	763,4604	764,3607	0,1179
74	502,7800	0,8750	1,4865	858,2534	858,1801	0,0085
75	523,8900	0,9240	1,5090	886,7304	886,5964	0,0151
Erreur Moy		Erreur Max	Erreur Min			
1,1280		6,7519	0,0085			

Tableau A.2.18: Mesure des performances en généralisation du réseau sur la base de test.

N°	T _{mav} (°C)	d	n	Cp _{298K} (J/moleK)	RNA	%Erreur
5	311,5000	0,8343	1,4690	402,9071	402,9520	0,0111
10	336,9700	0,8980	1,5100	414,5021	409,5298	1,1996
15	344,6700	0,9568	1,5366	393,6780	393,1112	0,1440
20	359,7500	0,8530	1,4798	485,6705	489,6770	0,8249
25	367,8800	0,9180	1,5190	460,9253	460,5118	0,0897
30	379,1500	0,8612	1,4836	522,9774	526,7105	0,7138
35	388,7800	0,9182	1,5172	504,0852	507,1705	0,6121
40	394,7300	0,8532	1,4766	563,0549	565,4907	0,4326
45	405,3900	0,9204	1,5172	536,3452	542,0082	1,0559
50	413,1500	0,8978	1,5029	576,7579	572,8263	0,6817
55	416,9600	0,8700	1,4860	561,7793	596,3455	6,1530
60	427,1700	0,8568	1,4764	676,6892	685,4341	1,2923
65	434,0400	0,8732	1,4856	650,2524	632,4974	2,7305
70	478,3200	0,9178	1,5089	704,4727	688,5010	2,2672
						1,3006

Modèle 2

Tableau A.2.19: Comportement du RNA par rapport à la 1ère partie de la base d'apprentissage.

N°	T _{mav} (°C)	d	n	C _{p298K} (J/moleK)	RNA	%Erreur
1	35,00	0,6160	1,3610	144,2714	144,4386	0,1159
2	40,00	0,6310	1,3580	147,7628	146,5367	0,8298
3	45,00	0,6340	1,3690	145,7851	148,8943	2,1328
4	53,00	0,6575	1,3711	152,5494	152,3222	0,1490
6	54,50	0,6525	1,3691	154,8777	153,0030	1,2104
7	55,00	0,6490	1,3682	153,6596	153,3062	0,2300
8	55,00	0,6470	1,3750	150,9257	153,4756	1,6895
9	58,00	0,6655	1,3750	153,6154	154,4619	0,5511
11	62,00	0,6705	1,3774	156,6641	156,1931	0,3006
12	62,00	0,6585	1,3722	158,1916	156,6324	0,9856
13	63,00	0,6670	1,3760	155,2522	156,7976	0,9954
14	65,00	0,6580	1,3743	158,7279	158,3894	0,2133
16	65,00	0,6770	1,3890	161,6004	157,4934	2,5414
17	75,00	0,6930	1,3910	159,9568	161,5029	0,9666
18	75,00	0,6820	1,3880	162,2220	162,4300	0,1282
19	75,00	0,6890	1,3940	164,1959	161,8111	1,4524
21	80,50	0,6904	1,3929	163,3565	164,8965	0,9427
22	82,00	0,7129	1,0458	167,2243	167,4955	0,1622
23	85,00	0,7010	1,3990	169,0472	166,3839	1,5755
24	85,00	0,6980	1,3980	167,2885	166,7830	0,3022
26	90,00	0,7030	1,3940	171,8572	169,5583	1,3377
27	90,00	0,6895	1,3880	174,5991	171,9934	1,4924
28	90,50	0,7062	1,4001	163,0418	169,2757	3,8235
29	91,00	0,6980	1,3921	170,5497	171,1756	0,3670
31	92,00	0,6918	1,3893	175,5038	173,1854	1,3210
32	93,00	0,7067	1,3964	176,3248	171,0807	2,9741
33	94,00	0,7048	1,3955	171,1827	172,2001	0,5944
34	94,00	0,7038	1,3951	172,6011	172,3941	0,1199
36	95,00	0,7060	1,4020	167,1206	172,5662	3,2585
37	95,50	0,7095	1,4022	164,2579	172,3032	4,8980
38	97,00	0,7088	1,3976	174,7429	173,7495	0,5685
39	97,00	0,6955	1,3913	178,4220	176,7032	0,9633
41	100,00	0,7237	1,4052	171,5319	172,9692	0,8379
42	100,50	0,7160	1,4040	166,0857	174,9062	5,3108
43	101,00	0,7153	1,4010	178,4179	175,5685	1,5970
44	102,00	0,7300	1,4100	175,8599	173,0968	1,5712
46	104,00	0,7017	1,3947	183,1084	181,6386	0,8027
47	105,00	0,7300	1,4098	176,7686	175,3775	0,7870
48	105,00	0,7240	1,4090	179,6463	176,6933	1,6438
49	105,00	0,7140	1,4060	174,3788	179,0940	2,7040
51	106,00	0,7242	1,4106	188,7681	177,4157	6,0139
52	107,00	0,7218	1,4045	181,1820	179,0953	1,1517
53	108,89	0,7097	1,3987	184,1140	184,1624	0,0263
54	109,00	0,7067	1,3973	186,4656	185,1333	0,7145
56	110,00	0,7188	1,4032	183,0254	182,6419	0,2095
57	110,50	0,7235	1,4087	172,3431	181,6370	5,3926
58	112,00	0,7398	1,4139	177,4787	178,7149	0,6966
59	112,00	0,7347	1,4113	180,4603	180,0664	0,2183
61	113,00	0,7337	1,4109	182,4066	181,2225	0,6492
62	113,50	0,7193	1,4036	184,6728	185,8739	0,6504
63	114,00	0,7163	1,4021	186,7647	187,2798	0,2758
64	114,00	0,7258	1,4069	183,3262	184,4214	0,5974
66	115,00	0,7260	1,4120	182,8823	185,0567	1,1890

suite du Tableau A.2.19

N°	T _{mav} (°C)	d	n	C _{p298K} (J/moleK)	RNA	%Erreur
67	115,00	0,7377	1,4130	180,7273	181,8980	0,6478
68	116,00	0,7312	1,4097	185,9740	184,7276	0,6702
69	116,00	0,7437	1,4162	180,1648	181,0920	0,5146
71	117,00	0,7318	1,4100	188,4293	185,5081	1,5503
72	121,00	0,7228	1,4057	191,1962	192,3600	0,6087
73	124,00	0,7427	1,4159	190,2047	188,9148	0,6782
74	125,00	0,7320	1,4110	190,8505	193,4245	1,3487
76	125,00	0,7330	1,4180	187,4294	192,6868	2,8050
77	126,00	0,7326	1,4150	199,3116	194,0254	2,6522
78	126,67	0,7352	1,4121	195,7724	194,1098	0,8492
79	126,67	0,7483	1,4188	188,6713	189,7310	0,5617
81	128,00	0,7387	1,4140	197,0838	194,2937	1,4157
82	130,00	0,7427	1,4161	194,7679	194,9904	0,1142
83	133,00	0,7458	1,4158	200,0942	197,1449	1,4739
84	133,00	0,7458	1,4178	196,6882	197,0127	0,1650
86	135,00	0,7450	1,4220	197,1978	199,0490	0,9388
87	138,89	0,7734	1,4328	192,1581	193,3198	0,6046
88	140,00	0,7490	1,4193	208,0298	203,1093	2,3653
89	145,00	0,7540	1,4270	207,3671	206,0845	0,6185
91	146,11	0,7520	1,4270	209,6959	207,7852	0,9112
92	147,00	0,7513	1,4210	206,4546	209,2373	1,3479
93	147,00	0,7680	1,4300	204,3587	203,5152	0,4128
94	147,00	0,7635	1,4275	203,0400	205,1057	1,0174
95	148,00	0,7685	1,4303	202,2910	204,3452	1,0155
Erreur Moy	Erreur Max	Erreur Min				
1,2665	6,0139	0,0263				

Tableau A.2.20: Mesure des performances en généralisation du réseau sur la base de test.

N°	T _{mav} (°C)	d	n	C _{p298K} (J/moleK)	RNA	% Erreur
5	54,44	0,6535	1,3694	151,0192	152,9630	1,2871
10	58,00	0,6602	1,3726	156,2000	154,5394	1,0631
15	65,00	0,6620	1,3820	152,3949	158,1774	3,7944
20	79,00	0,6890	1,3871	163,5696	164,1667	0,3650
25	85,50	0,7001	1,3969	163,9015	166,8507	1,7994
30	91,11	0,7322	1,4074	159,6643	166,0316	3,9880
35	95,00	0,7150	1,4050	171,5764	170,8923	0,3987
40	100,00	0,7117	1,3993	174,7851	175,5561	0,4411
45	103,89	0,7168	1,4019	180,6665	177,6472	1,6712
50	105,50	0,7191	1,4065	169,7160	178,3246	5,0723
55	110,00	0,7228	1,4052	179,9180	181,5244	0,8929
60	112,00	0,7241	1,4052	184,4102	183,0567	0,7340
65	115,00	0,7300	1,4120	185,3675	183,9756	0,7509
70	117,00	0,7305	1,4094	188,0318	185,9010	1,1332
75	125,00	0,7400	1,4200	190,4033	190,4608	0,0302
80	127,00	0,7508	1,4202	187,8452	189,2259	0,7350
85	134,00	0,7508	1,4204	197,6543	196,3074	0,6814
90	146,00	0,7490	1,4239	209,6657	208,7692	0,4276
						1,4036

Tableau A.2.21: Comportement du RNA par rapport à la 2ème partie de la base d'apprentissage.

N°	T _{mav} (°C)	d	n	Cp _{298K} (J/moleK)	RNA	%Erreur
1	150,5600	0,7590	1,4240	211,3765	214,2273	1,3487
2	151,1100	0,7590	1,4325	213,3155	211,3191	0,9359
3	152,0000	0,7700	1,4312	207,7404	209,6125	0,9012
4	153,0000	0,7526	1,4272	214,0120	216,5517	1,1867
6	153,0000	0,7670	1,4296	208,8720	211,7400	1,3731
7	155,0000	0,7670	1,4290	219,5383	213,5728	2,7173
8	155,0000	0,7640	1,4340	216,2821	212,3437	1,8210
9	155,5000	0,7627	1,4274	217,4202	215,8416	0,7260
11	158,0000	0,7720	1,4324	212,4629	213,3929	0,4377
12	158,5000	0,7650	1,4286	216,0035	217,4587	0,6737
13	158,8900	0,7711	1,4356	213,5684	213,0981	0,2202
14	159,0000	0,7745	1,4338	211,7127	213,0190	0,6170
16	161,1100	0,7581	1,4251	223,8267	223,7763	0,0225
17	164,0000	0,8648	1,4889	183,5924	183,4511	0,0770
18	165,0000	0,7690	1,4370	215,4659	219,2933	1,7763
19	165,0000	0,7760	1,4347	218,5076	218,2827	0,1029
21	165,0000	0,7756	1,4382	217,9201	216,7900	0,5186
22	166,0000	0,7627	1,4311	230,2124	225,1861	2,1833
23	175,0000	0,7790	1,4345	233,4006	229,8839	1,5067
24	175,0000	0,7750	1,4400	221,1932	228,3063	3,2158
26	188,8900	0,7790	1,4398	246,3419	246,2590	0,0336
27	190,0000	0,7850	1,4398	247,2483	245,7316	0,6134
28	196,0000	0,7856	1,4402	249,0508	253,1143	1,6316
29	196,0000	0,7915	1,4434	248,4496	249,2774	0,3332
31	196,1100	0,8010	1,4470	242,3750	244,2510	0,7740
32	200,0000	0,7930	1,4443	252,3566	253,0682	0,2820
33	200,0000	0,7880	1,4490	257,0133	251,9757	1,9601
34	202,7800	0,8060	1,4500	248,5604	248,7613	0,0808
36	206,6700	0,8045	1,4444	258,8868	256,6075	0,8804
37	207,0000	0,7960	1,4459	259,7750	258,7181	0,4069
38	207,0000	0,8023	1,4494	257,0065	254,6806	0,9050
39	207,2200	0,7920	1,4500	262,2668	257,7621	1,7176
41	208,0000	0,7820	1,4369	266,0281	269,7453	1,3973
42	208,0000	0,8004	1,4510	246,6153	255,3210	3,5301
43	213,8900	0,7985	1,4473	267,4704	263,5599	1,4620
44	213,8900	0,8100	1,4500	259,0170	258,5014	0,1990
46	222,0000	0,7930	1,4450	279,0719	273,6414	1,9459
47	223,5000	0,9553	1,5524	206,4457	206,4311	0,0071
48	235,5600	0,9308	1,5321	225,6071	226,3172	0,3148
49	237,5000	0,8076	1,4550	269,4247	277,5789	3,0265
51	244,6100	0,9501	1,5459	229,2947	228,2216	0,4680
52	245,1100	0,9641	1,5569	222,5388	222,9983	0,2065
53	245,7200	0,9680	1,5600	222,0306	221,7665	0,1189
54	246,2800	0,9657	1,5581	223,4396	223,4287	0,0049
56	258,5000	0,9756	1,5644	234,4668	233,6944	0,3294
57	262,2200	0,9664	1,5565	245,2904	244,5242	0,3124
58	262,5000	0,8232	1,4630	314,5986	312,3838	0,7040
59	265,0000	0,9752	1,5632	243,2505	244,9310	0,6909
61	279,4400	0,8438	1,4716	341,1408	339,0302	0,6187
62	286,1100	0,8578	1,4776	342,6718	344,3900	0,5014
63	287,0000	0,8277	1,4660	357,7735	358,6197	0,2365
64	295,0000	0,8219	1,4610	371,9528	371,5648	0,1043
65	298,6700	0,9082	1,5016	346,4257	346,2812	0,0417

suite du Tableau A.2.21

Erreur Moy	Erreur Max	Erreur Min
0,9094	3,5301	0,0049

Tableau A.2.22: Mesure des performances en généralisation du réseau sur la base de test.

N°	T _{mav} (°C)	d	n	Cp _{298K} (J/moleK)	RNA	% Erreur
5	153,0000	0,7715	1,4319	206,9348	209,6681	1,3209
10	157,2200	0,7620	1,4350	219,6776	214,3601	2,4206
15	160,5600	0,8008	1,4436	205,2710	203,4409	0,8915
20	165,0000	0,7820	1,4370	215,8180	215,4677	0,1623
25	186,0000	0,7713	1,4354	249,3443	247,4174	0,7728
30	196,0000	0,7990	1,4476	245,3362	244,4262	0,3709
35	206,1100	0,7860	1,4430	264,0551	262,7697	0,4868
40	207,7800	0,8080	1,4485	253,5729	254,2332	0,2604
45	216,0000	0,7919	1,4453	267,2141	268,6477	0,5365
50	244,6100	0,9681	1,5602	222,1003	220,5958	0,6774
55	255,0000	0,8066	1,4533	314,9294	309,0122	1,8789
60	265,0000	0,9602	1,5513	250,7965	252,6736	0,7484
						0,8773

Tableau A.2.23: Comportement du RNA par rapport à la 3ème partie de la base d'apprentissage.

N°	T _{max} (°C)	d	n	Cp _{298K} (J/moleK)	RNA	%Erreur
1	305,0000	0,8310	1,4652	387,8279	394,8786	1,8180
2	305,6700	0,8497	1,4719	387,9806	387,3387	0,1655
3	306,2700	0,8912	1,4896	356,6891	369,7096	3,6504
4	306,8000	0,8770	1,4838	381,1513	376,7273	1,1607
6	323,6700	0,8319	1,4637	427,8205	429,1007	0,2992
7	326,6700	0,9360	1,5212	377,0723	382,7062	1,4941
8	327,7200	0,8756	1,4968	410,7265	410,3054	0,1025
9	333,2200	0,8888	1,5044	417,8374	413,2419	1,0998
11	337,0000	0,8461	1,4742	448,9386	444,8217	0,9170
12	340,3500	0,8806	1,4993	430,2926	429,5910	0,1630
13	340,7700	0,9036	1,5138	418,1893	418,7781	0,1408
14	342,6700	0,8709	1,4842	442,2585	442,0523	0,0466
16	345,0000	0,8400	1,4710	457,0077	464,5393	1,6480
17	352,2500	0,9040	1,5130	438,8537	438,2625	0,1347
18	354,1900	0,9092	1,5156	439,2171	439,0655	0,0345
19	357,6700	0,8425	1,4694	486,8187	491,3169	0,9240
21	361,6400	0,9040	1,5120	457,8048	455,1072	0,5893
22	362,5400	0,8868	1,5004	471,6360	467,3299	0,9130
23	364,6700	0,9671	1,5452	423,0623	429,8560	1,6058
24	366,2300	0,8864	1,5002	481,5112	474,6577	1,4233
26	369,1100	0,9360	1,5108	472,7270	456,7450	3,3808
27	373,0300	0,8880	1,5000	493,0466	487,5245	1,1200
28	374,0600	0,9214	1,5207	470,9568	468,3343	0,5568
29	379,1500	0,9236	1,5218	479,8793	476,4917	0,7059
31	380,6700	0,8845	1,4919	511,1772	509,6299	0,3027
32	383,7800	0,9240	1,5220	489,0789	484,9246	0,8494
33	384,6700	0,8600	1,4820	537,1097	535,7238	0,2580
34	384,6700	0,9742	1,5492	456,8058	459,8431	0,6649
36	390,8700	0,8860	1,4980	534,0415	526,9967	1,3191
37	391,4700	0,8602	1,4821	552,3075	551,7602	0,0991
38	392,0700	0,9030	1,5085	522,3467	516,0434	1,2067
39	394,2500	0,8684	1,4862	551,1249	551,4210	0,0537
41	396,2500	0,8868	1,4974	545,4362	539,2274	1,1383
42	402,6200	0,8878	1,4979	559,9547	553,1463	1,2159
43	404,0000	0,8620	1,4820	580,7576	582,6219	0,3210
44	404,2100	0,8664	1,4770	579,0604	587,7977	1,5089
46	407,7400	0,8640	1,4830	588,8886	590,4373	0,2630
47	410,5200	0,8666	1,4833	593,9522	596,4732	0,4244
48	411,6300	0,8690	1,4855	630,1447	595,7777	5,4538
49	412,9300	0,9070	1,5142	532,3803	555,8150	4,4019
51	413,6000	0,9116	1,5108	565,7639	558,4546	1,2919
52	415,5900	0,8720	1,4870	601,4180	603,3107	0,3147
53	416,0200	0,8900	1,4980	590,2246	584,7924	0,9204
54	416,8800	0,8480	1,4720	688,0939	636,7081	7,4679
56	419,6900	0,8726	1,4863	606,0916	615,1004	1,4864
57	422,5400	0,8920	1,4980	616,2061	600,7395	2,5100
58	424,1400	0,8730	1,4865	594,5439	626,9619	5,4526
59	425,6700	0,9001	1,5002	571,5431	603,3205	5,5599
61	428,9800	0,8724	1,4852	596,2682	642,7768	7,7999
62	433,1000	0,8744	1,4872	621,2859	650,8567	4,7596
63	433,2000	0,8448	1,4694	702,2003	691,2644	1,5574
64	433,5200	0,8646	1,4803	676,1379	666,5724	1,4147
66	439,8100	0,8768	1,4874	655,3723	669,3525	2,1332
67	440,1800	0,8738	1,4859	672,6273	673,9639	0,1987

suite du Tableau A.2.23

N°	T _{mav} (°C)	d	n	Cp _{298K} (J/moleK)	RNA	%Erreur
68	442,4100	0,8776	1,4878	686,9077	676,1529	1,5657
69	463,6900	0,8798	1,4869	735,1863	742,8533	1,0429
71	481,2400	0,9100	1,5040	771,9243	755,8632	2,0807
72	485,5400	0,8860	1,4890	816,1628	806,9327	1,1309
73	486,2700	0,9180	1,5090	763,4604	759,5867	0,5074
74	502,7800	0,8750	1,4865	858,2534	870,5509	1,4328
75	523,8900	0,9240	1,5090	886,7304	877,7833	1,0090
Erreur Moy		Erreur Max	Erreur Min			
1,5608		7,7999	0,0345			

Tableau A.2.24: Mesure des performances en généralisation du réseau sur la base de test.

N°	T _{mav} (°C)	d	n	Cp _{298K} (J/moleK)	RNA	%Erreur
5	311,5000	0,8343	1,4690	402,9071	404,0933	0,2944
10	336,9700	0,8980	1,5100	414,5021	415,1368	0,1531
15	344,6700	0,9568	1,5366	393,6780	402,3495	2,2027
20	359,7500	0,8530	1,4798	485,6705	484,9220	0,1541
25	367,8800	0,9180	1,5190	460,9253	458,9579	0,4268
30	379,1500	0,8612	1,4836	522,9774	521,2378	0,3326
35	388,7800	0,9182	1,5172	504,0852	498,8329	1,0420
40	394,7300	0,8532	1,4766	563,0549	568,2869	0,9292
45	405,3900	0,9204	1,5172	536,3452	532,0771	0,7958
50	413,1500	0,8978	1,5029	576,7579	569,7710	1,2114
55	416,9600	0,8700	1,4860	561,7793	609,0057	8,4066
60	427,1700	0,8568	1,4764	676,6892	656,8011	2,9390
65	434,0400	0,8732	1,4856	650,2524	656,5202	0,9639
70	478,3200	0,9178	1,5089	704,4727	734,9928	4,3323
						1,7274

Température de congélation

Modèle 1

Tableau A.2.25: Comportement du RNA par rapport à la 1ère partie de la base d'apprentissage.

N°	T _{mav} (°C)	d	n	T-Cong(K)	RNA	%Erreur
1	35,00	0,6160	1,3610	163,6869	163,1244	0,3436
2	40,00	0,6310	1,3580	167,8978	167,8259	0,0428
3	45,00	0,6340	1,3690	166,7915	168,4325	0,9839
4	53,00	0,6575	1,3711	174,0488	173,0482	0,5749
6	54,50	0,6525	1,3691	176,3404	175,3093	0,5847
7	55,00	0,6490	1,3682	173,7824	175,3554	0,9051
8	55,00	0,6470	1,3750	172,5588	171,8220	0,4270
9	58,00	0,6655	1,3750	174,4648	174,9688	0,2889
11	62,00	0,6705	1,3774	178,2534	176,8609	0,7812
12	62,00	0,6585	1,3722	179,2967	179,7300	0,2416
13	63,00	0,6670	1,3760	176,0993	178,4140	1,3144
14	65,00	0,6580	1,3743	178,2573	177,2115	0,5867
16	65,00	0,6770	1,3890	182,1371	179,5416	1,4250
17	75,00	0,6930	1,3910	177,9004	177,9685	0,0383
18	75,00	0,6820	1,3880	179,9787	180,4637	0,2695
19	75,00	0,6890	1,3940	182,7837	183,6752	0,4878
21	80,50	0,6904	1,3929	185,6371	183,7000	1,0435
22	82,00	0,7129	1,0458	187,3886	187,3967	0,0043
23	85,00	0,7010	1,3990	185,9614	187,8697	1,0262
24	85,00	0,6980	1,3980	183,4171	187,2911	2,1121
26	90,00	0,7030	1,3940	188,1817	190,4893	1,2262
27	90,00	0,6895	1,3880	194,4274	193,0255	0,7210
28	90,50	0,7062	1,4001	186,9604	188,0536	0,5847
29	91,00	0,6980	1,3921	192,0954	191,5968	0,2596
31	92,00	0,6918	1,3893	195,0410	193,7948	0,6389
32	93,00	0,7067	1,3964	195,8168	190,9170	2,5022
33	94,00	0,7048	1,3955	190,4777	192,1754	0,8913
34	94,00	0,7038	1,3951	189,0563	192,2640	1,6967
36	95,00	0,7060	1,4020	189,8703	191,1381	0,6677
37	95,50	0,7095	1,4022	189,1949	190,7463	0,8200
38	97,00	0,7088	1,3976	194,9809	193,3541	0,8343
39	97,00	0,6955	1,3913	197,7049	196,6194	0,5490
41	100,00	0,7237	1,4052	189,8270	191,1118	0,6768
42	100,50	0,7160	1,4040	190,8522	191,0827	0,1208
43	101,00	0,7153	1,4010	194,4721	194,5221	0,0257
44	102,00	0,7300	1,4100	190,2940	188,6791	0,8487
46	104,00	0,7017	1,3947	201,3584	200,1286	0,6107
47	105,00	0,7300	1,4098	191,0701	190,7354	0,1752
48	105,00	0,7240	1,4090	192,2817	195,0367	1,4328
49	105,00	0,7140	1,4060	197,3407	195,3237	1,0221
51	106,00	0,7242	1,4106	206,5324	198,4071	3,9341
52	107,00	0,7218	1,4045	197,0196	197,0792	0,0302
53	108,89	0,7097	1,3987	200,4879	201,8331	0,6710
54	109,00	0,7067	1,3973	203,7286	202,6560	0,5265
56	110,00	0,7188	1,4032	196,7875	200,1094	1,6881
57	110,50	0,7235	1,4087	196,2130	196,9815	0,3917
58	112,00	0,7398	1,4139	192,2095	194,2802	1,0773
59	112,00	0,7347	1,4113	200,0827	196,2478	1,9166
61	113,00	0,7337	1,4109	199,9099	197,2181	1,3465
62	113,50	0,7193	1,4036	202,8971	202,6190	0,1371
63	114,00	0,7163	1,4021	202,2266	203,9630	0,8587
64	114,00	0,7258	1,4069	199,1790	200,8714	0,8497

Tableau A.2.27: Comportement du RNA par rapport à la 2ème partie de la base d'apprentissage.

N°	T _{max} (°C)	d	n	T-Cong(K)	RNA	%Erreur
1	150,5600	0,7590	1,4240	214,6909	214,6909	0,0000
2	151,1100	0,7590	1,4325	220,1334	218,5825	0,7045
3	152,0000	0,7700	1,4312	213,2970	213,2970	0,0000
4	153,0000	0,7526	1,4272	220,3144	219,2997	0,4606
6	153,0000	0,7670	1,4296	214,3615	214,3615	0,0000
7	155,0000	0,7670	1,4290	223,4180	221,2714	0,9608
8	155,0000	0,7640	1,4340	219,9889	218,7001	0,5858
9	155,5000	0,7627	1,4274	222,5141	222,4631	0,0229
11	158,0000	0,7720	1,4324	215,7730	216,8410	0,4950
12	158,5000	0,7650	1,4286	221,1013	222,3520	0,5657
13	158,8900	0,7711	1,4356	216,8440	220,0969	1,5001
14	159,0000	0,7745	1,4338	213,5276	214,0916	0,2641
16	161,1100	0,7581	1,4251	224,0000	224,3296	0,1471
17	164,0000	0,8648	1,4889	197,7655	198,0483	0,1430
18	165,0000	0,7690	1,4370	214,0481	217,1204	1,4354
19	165,0000	0,7760	1,4347	218,6419	218,6419	0,0000
21	165,0000	0,7756	1,4382	218,6195	216,4731	0,9818
22	166,0000	0,7627	1,4311	230,7419	230,7419	0,0000
23	175,0000	0,7790	1,4345	228,5242	228,5242	0,0000
24	175,0000	0,7750	1,4400	216,2066	216,6045	0,1840
26	188,8900	0,7790	1,4398	236,5075	234,1421	1,0001
27	190,0000	0,7850	1,4398	236,9428	238,5993	0,6991
28	196,0000	0,7856	1,4402	236,5047	238,9929	1,0521
29	196,0000	0,7915	1,4434	234,1559	233,8396	0,1351
31	196,1100	0,8010	1,4470	228,3663	224,7585	1,5798
32	200,0000	0,7930	1,4443	235,9306	235,6967	0,0991
33	200,0000	0,7880	1,4490	241,2473	241,2552	0,0033
34	202,7800	0,8060	1,4500	231,5010	232,2679	0,3313
36	206,6700	0,8045	1,4444	237,1501	237,0963	0,0227
37	207,0000	0,7960	1,4459	239,5133	241,1719	0,6925
38	207,0000	0,8023	1,4494	237,1167	234,2278	1,2183
39	207,2200	0,7920	1,4500	243,2557	242,8157	0,1809
41	208,0000	0,7820	1,4369	244,7005	243,8308	0,3554
42	208,0000	0,8004	1,4510	228,2928	229,9038	0,7057
43	213,8900	0,7985	1,4473	243,2329	239,9772	1,3385
44	213,8900	0,8100	1,4500	236,1790	238,9154	1,1586
46	222,0000	0,7930	1,4450	250,0439	249,4595	0,2337
47	223,5000	0,9553	1,5524	206,8702	207,1080	0,1149
48	235,5600	0,9308	1,5321	214,4887	212,7958	0,7893
49	237,5000	0,8076	1,4550	238,0450	241,3774	1,3999
51	244,6100	0,9501	1,5459	216,7673	215,8863	0,4064
52	245,1100	0,9641	1,5569	213,0090	213,4866	0,2242
53	245,7200	0,9680	1,5600	212,6276	213,0610	0,2038
54	246,2800	0,9657	1,5581	213,3628	213,8557	0,2310
56	258,5000	0,9756	1,5644	218,8823	219,4598	0,2639
57	262,2200	0,9664	1,5565	224,2074	224,5109	0,1353
58	262,5000	0,8232	1,4630	262,7243	261,0726	0,6287
59	265,0000	0,9752	1,5632	223,3882	222,9657	0,1892
61	279,4400	0,8438	1,4716	273,0787	274,3039	0,4487
62	286,1100	0,8578	1,4776	272,5045	272,0766	0,1570
63	287,0000	0,8277	1,4660	280,3992	279,8014	0,2132
64	295,0000	0,8219	1,4610	284,0763	284,3466	0,0952
65	298,6700	0,9082	1,5016	274,4245	274,4183	0,0023

suite du Tableau A.2.27

Erreur Moy	Erreur Max	Erreur Min
0,4672	1,5798	0,0000

Tableau A.2.28: Mesure des performances en généralisation du réseau sur la base de test.

N°	T _{mav} (°C)	d	n	T-Cong(K)	RNA	%Erreur
5	153,0000	0,7715	1,4319	211,0066	214,9860	1,8859
10	157,2200	0,7620	1,4350	223,9092	214,1559	4,3559
15	160,5600	0,8008	1,4436	203,9661	207,5472	1,7557
20	165,0000	0,7820	1,4370	215,6482	227,8221	5,6452
25	186,0000	0,7713	1,4354	240,9204	240,4817	0,1821
30	196,0000	0,7990	1,4476	231,3714	221,2605	4,3700
35	206,1100	0,7860	1,4430	244,7016	249,4587	1,9440
40	207,7800	0,8080	1,4485	233,8841	235,6382	0,7500
45	216,0000	0,7919	1,4453	244,6313	243,5004	0,4623
50	244,6100	0,9681	1,5602	213,1380	212,3770	0,3570
55	255,0000	0,8066	1,4533	263,9957	273,6192	3,6453
60	265,0000	0,9602	1,5513	227,2848	228,1018	0,3595
						2,1428

Tableau A.2.29: Comportement du RNA par rapport à la 3ème partie de la base d'apprentissage.

N°	T _{mav} (°C)	d	n	T-Cong(K)	RNA	%Erreur
1	305,0000	0,8310	1,4652	289,0853	289,7706	0,2371
2	305,6700	0,8497	1,4719	289,9895	289,3259	0,2288
3	306,2700	0,8912	1,4896	275,6643	276,8342	0,4244
4	306,8000	0,8770	1,4838	288,1262	287,7112	0,1440
6	323,6700	0,8319	1,4637	300,7917	298,6791	0,7024
7	326,6700	0,9360	1,5212	284,0118	282,7747	0,4356
8	327,7200	0,8756	1,4968	294,6162	293,1908	0,4838
9	333,2200	0,8888	1,5044	297,3871	296,2693	0,3759
11	337,0000	0,8461	1,4742	306,0776	303,2714	0,9168
12	340,3500	0,8806	1,4993	299,3341	298,9402	0,1316
13	340,7700	0,9036	1,5138	296,2090	296,2090	0,0000
14	342,6700	0,8709	1,4842	302,9021	304,5710	0,5510
16	345,0000	0,8400	1,4710	305,9791	308,1259	0,7016
17	352,2500	0,9040	1,5130	301,2726	302,2077	0,3104
18	354,1900	0,9092	1,5156	301,4793	302,2429	0,2533
19	357,6700	0,8425	1,4694	312,2428	314,2354	0,6382
21	361,6400	0,9040	1,5120	305,6115	307,5569	0,6366
22	362,5400	0,8868	1,5004	308,4747	310,4981	0,6559
23	364,6700	0,9671	1,5452	296,8791	295,4557	0,4795
24	366,2300	0,8864	1,5002	310,8540	312,1611	0,4205
26	369,1100	0,9360	1,5108	308,5324	306,2210	0,7491
27	373,0300	0,8880	1,5000	312,5399	314,9061	0,7571
28	374,0600	0,9214	1,5207	308,1217	307,7832	0,1099
29	379,1500	0,9236	1,5218	309,8591	309,3959	0,1495
31	380,6700	0,8845	1,4919	315,6863	318,4008	0,8599
32	383,7800	0,9240	1,5220	311,4574	311,9941	0,1723
33	384,6700	0,8600	1,4820	320,3258	319,8311	0,1544
34	384,6700	0,9742	1,5492	304,6792	304,7267	0,0156
36	390,8700	0,8860	1,4980	319,4372	319,7284	0,0912
37	391,4700	0,8602	1,4821	322,3820	320,8281	0,4820
38	392,0700	0,9030	1,5085	317,1607	319,1182	0,6172
39	394,2500	0,8684	1,4862	321,5205	320,9782	0,1687
41	396,2500	0,8868	1,4974	320,9700	320,6292	0,1062
42	402,6200	0,8878	1,4979	322,9787	321,3609	0,5009
43	404,0000	0,8620	1,4820	325,9844	322,0564	1,2050
44	404,2100	0,8664	1,4770	325,5977	325,8456	0,0761
46	407,7400	0,8640	1,4830	326,9813	322,2742	1,4396
47	410,5200	0,8666	1,4833	327,5159	322,4358	1,5511
48	411,6300	0,8690	1,4855	331,1452	322,4378	2,6295
49	412,9300	0,9070	1,5142	316,9865	321,6068	1,4576
51	413,6000	0,9116	1,5108	323,0938	321,8838	0,3745
52	415,5900	0,8720	1,4870	328,1249	322,5999	1,6838
53	416,0200	0,8900	1,4980	326,5979	322,3934	1,2874
54	416,8800	0,8480	1,4720	368,8082	369,8058	0,2705
56	419,6900	0,8726	1,4863	326,0839	322,7811	1,0129
57	422,5400	0,8920	1,4980	334,6054	333,7043	0,2693
58	424,1400	0,8730	1,4865	314,4614	322,9710	2,7061
59	425,6700	0,9001	1,5002	308,7781	307,8034	0,3157
61	428,9800	0,8724	1,4852	309,5805	310,2318	0,2104
62	433,1000	0,8744	1,4872	319,7496	323,1572	1,0657
63	433,2000	0,8448	1,4694	354,5620	351,3525	0,9052
64	433,5200	0,8646	1,4803	346,2303	351,1740	1,4279
66	439,8100	0,8768	1,4874	330,9629	331,4183	0,1376
67	440,1800	0,8738	1,4859	338,2213	337,6519	0,1684

suite du Tableau A.2.29

N°	T _{max} (°C)	d	n	T-Cong(K)	RNA	%Erreur
68	442,4100	0,8776	1,4878	344,6055	345,2073	0,1746
69	463,6900	0,8798	1,4869	343,2483	342,5262	0,2104
71	481,2400	0,9100	1,5040	348,6810	351,4039	0,7809
72	485,5400	0,8860	1,4890	355,1412	354,5752	0,1594
73	486,2700	0,9180	1,5090	341,6293	341,7826	0,0449
74	502,7800	0,8750	1,4865	348,0499	349,5899	0,4425
75	523,8900	0,9240	1,5090	348,5781	351,5949	0,8655
Erreur Moy		Erreur Max	Erreur Min			
0,5989		2,7061	0,0000			

Tableau A.2.30: Mesure des performances en généralisation du réseau sur la base de test.

N°	T _{max} (°C)	d	n	T-Cong(K)	RNA	%Erreur
5	311,5000	0,8343	1,4690	294,9756	291,5063	1,1761
10	336,9700	0,8980	1,5100	295,4148	294,8684	0,1850
15	344,6700	0,9568	1,5366	288,9445	287,2609	0,5827
20	359,7500	0,8530	1,4798	311,9959	313,0498	0,3378
25	367,8800	0,9180	1,5190	306,2047	306,1951	0,0031
30	379,1500	0,8612	1,4836	318,1622	318,5948	0,1360
35	388,7800	0,9182	1,5172	314,0852	317,1024	0,9606
40	394,7300	0,8532	1,4766	323,4279	321,4768	0,6033
45	405,3900	0,9204	1,5172	318,9622	320,6118	0,5172
50	413,1500	0,8978	1,5029	324,7094	322,0901	0,8067
55	416,9600	0,8700	1,4860	303,1222	322,6737	6,4501
60	427,1700	0,8568	1,4764	351,8234	351,1509	0,1911
65	434,0400	0,8732	1,4856	333,4316	325,5812	2,3544
70	478,3200	0,9178	1,5089	323,4923	323,8115	0,0987
						1,0288

Modèle 2

Tableau A.2.31: Comportement du RNA par rapport à la 1ère partie de la base d'apprentissage.

N°	Tmav(°C)	d	n	Tcong(K)	RNA	%Erreur
1	35,00	0,6160	1,3610	163,6869	164,4250	0,4509
2	40,00	0,6310	1,3580	167,8978	166,3573	0,9175
3	45,00	0,6340	1,3690	166,7915	169,1676	1,4246
4	53,00	0,6575	1,3711	174,0488	172,4325	0,9286
6	54,50	0,6525	1,3691	176,3404	173,6340	1,5348
7	55,00	0,6490	1,3682	173,7824	174,2279	0,2563
8	55,00	0,6470	1,3750	172,5588	174,4170	1,0769
9	58,00	0,6655	1,3750	174,4648	174,7417	0,1587
11	62,00	0,6705	1,3774	178,2534	176,6330	0,9090
12	62,00	0,6585	1,3722	179,2967	177,8438	0,8104
13	63,00	0,6670	1,3760	176,0993	177,5752	0,8381
14	65,00	0,6580	1,3743	178,2573	179,9329	0,9400
16	65,00	0,6770	1,3890	182,1371	177,7132	2,4289
17	75,00	0,6930	1,3910	177,9004	181,5060	2,0268
18	75,00	0,6820	1,3880	179,9787	183,2078	1,7942
19	75,00	0,6890	1,3940	182,7837	182,0568	0,3977
21	80,50	0,6904	1,3929	185,6371	185,3505	0,1544
22	82,00	0,7129	1,0458	187,3886	187,5177	0,0689
23	85,00	0,7010	1,3990	185,9614	186,1770	0,1160
24	85,00	0,6980	1,3980	183,4171	186,7959	1,8421
26	90,00	0,7030	1,3940	188,1817	189,2478	0,5665
27	90,00	0,6895	1,3880	194,4274	192,4944	0,9942
28	90,50	0,7062	1,4001	186,9604	188,7091	0,9354
29	91,00	0,6980	1,3921	192,0954	191,1601	0,4869
31	92,00	0,6918	1,3893	195,0410	193,4602	0,8105
32	93,00	0,7067	1,3964	195,8168	190,4331	2,7494
33	94,00	0,7048	1,3955	190,4777	191,6337	0,6069
34	94,00	0,7038	1,3951	189,0563	191,8897	1,4987
36	95,00	0,7060	1,4020	189,8703	191,8632	1,0496
37	95,50	0,7095	1,4022	189,1949	191,3497	1,1390
38	97,00	0,7088	1,3976	194,9809	192,7596	1,1392
39	97,00	0,6955	1,3913	197,7049	196,3950	0,6625
41	100,00	0,7237	1,4052	189,8270	190,8015	0,5134
42	100,50	0,7160	1,4040	190,8522	193,2128	1,2369
43	101,00	0,7153	1,4010	194,4721	193,8742	0,3074
44	102,00	0,7300	1,4100	190,2940	190,3535	0,0312
46	104,00	0,7017	1,3947	201,3584	200,2019	0,5743
47	105,00	0,7300	1,4098	191,0701	192,4021	0,6971
48	105,00	0,7240	1,4090	192,2817	194,1007	0,9460
49	105,00	0,7140	1,4060	197,3407	197,0623	0,1411
51	106,00	0,7242	1,4106	206,5324	194,7100	5,7242
52	107,00	0,7218	1,4045	197,0196	196,3909	0,3191
53	108,89	0,7097	1,3987	200,4879	201,6751	0,5922
54	109,00	0,7067	1,3973	203,7286	202,7042	0,5028
56	110,00	0,7188	1,4032	196,7875	199,6475	1,4533
57	110,50	0,7235	1,4087	196,2130	198,3806	1,1047
58	112,00	0,7398	1,4139	192,2095	194,3674	1,1227
59	112,00	0,7347	1,4113	200,0827	196,0063	2,0373
61	113,00	0,7337	1,4109	199,9099	197,0718	1,4197
62	113,50	0,7193	1,4036	202,8971	202,2472	0,3203
63	114,00	0,7163	1,4021	202,2266	203,6415	0,6997
64	114,00	0,7258	1,4069	199,1790	200,4700	0,6482
66	115,00	0,7260	1,4120	201,0169	200,9629	0,0269

suite du Tableau A.2.31

N°	Tmav(°C)	d	n	Tcong(K)	RNA	%Erreur
67	115,00	0,7377	1,4130	196,1908	197,2392	0,5344
68	116,00	0,7312	1,4097	200,7883	200,2006	0,2927
69	116,00	0,7437	1,4162	194,1116	195,9701	0,9574
71	117,00	0,7318	1,4100	204,4752	200,7743	1,8100
72	121,00	0,7228	1,4057	204,9341	207,0535	1,0342
73	124,00	0,7427	1,4159	200,5109	202,3846	0,9345
74	125,00	0,7320	1,4110	204,5768	206,9991	1,1841
76	125,00	0,7330	1,4180	202,8342	206,3263	1,7217
77	126,00	0,7326	1,4150	211,3106	207,4027	1,8493
78	126,67	0,7352	1,4121	206,8361	207,2089	0,1802
79	126,67	0,7483	1,4188	201,5928	202,4334	0,4170
81	128,00	0,7387	1,4140	210,3096	206,9939	1,5766
82	130,00	0,7427	1,4161	206,0911	207,1142	0,4964
83	133,00	0,7458	1,4158	212,0134	208,4413	1,6849
84	133,00	0,7458	1,4178	207,3997	208,3384	0,4526
86	135,00	0,7450	1,4220	206,1731	209,9768	1,8449
87	138,89	0,7734	1,4328	201,9140	202,4249	0,2530
88	140,00	0,7490	1,4193	216,2703	212,6494	1,6742
89	145,00	0,7540	1,4270	215,5570	214,3836	0,5443
91	146,11	0,7520	1,4270	218,1187	215,8971	1,0185
92	147,00	0,7513	1,4210	216,1218	217,0891	0,4476
93	147,00	0,7680	1,4300	211,5842	210,8657	0,3396
94	147,00	0,7635	1,4275	211,2459	212,5974	0,6398
95	148,00	0,7685	1,4303	208,3615	211,4484	1,4815
Erreur Moy		Erreur Max	Erreur Min			
0,9805		5,7242	0,0269			

Tableau A.2.32: Mesure des performances en généralisation du réseau sur la base de test.

N°	Tmav(°C)	d	n	Tcong(K)	RNA	% Erreur
5	54,44	0,6535	1,3694	172,1721	173,5235	0,7849
10	58,00	0,6602	1,3726	177,4663	175,1524	1,3039
15	65,00	0,6620	1,3820	176,7715	179,3992	1,4865
20	79,00	0,6890	1,3871	181,6997	184,7044	1,6536
25	85,50	0,7001	1,3969	186,8543	186,7320	0,0655
30	91,11	0,7322	1,4074	174,1628	183,4519	5,3336
35	95,00	0,7150	1,4050	189,9427	189,5751	0,1935
40	100,00	0,7117	1,3993	193,2285	194,1614	0,4828
45	103,89	0,7168	1,4019	198,9081	195,5799	1,6732
50	105,50	0,7191	1,4065	193,6978	195,9603	1,1680
55	110,00	0,7228	1,4052	195,5553	198,3556	1,4320
60	112,00	0,7241	1,4052	197,2854	199,5101	1,1277
65	115,00	0,7300	1,4120	196,8381	199,6998	1,4538
70	117,00	0,7305	1,4094	203,8348	201,2184	1,2836
75	125,00	0,7400	1,4200	204,2207	203,8755	0,1690
80	127,00	0,7508	1,4202	199,2094	201,7685	1,2846
85	134,00	0,7508	1,4204	210,1807	207,2587	1,3903
90	146,00	0,7490	1,4239	216,9455	216,9626	0,0079
						1,2386

Tableau A.2.33: Comportement du RNA par rapport à la 2ème partie de la base d'apprentissage.

N°	T _{max} (°C)	d	n	T-Cong(K)	RNA	%Erreur
1	150,5600	0,7590	1,4240	214,6909	218,8663	1,9448
2	151,1100	0,7590	1,4325	220,1334	216,8290	1,5011
3	152,0000	0,7700	1,4312	213,2970	215,4709	1,0192
4	153,0000	0,7526	1,4272	220,3144	220,6202	0,1388
6	153,0000	0,7670	1,4296	214,3615	217,0223	1,2413
7	155,0000	0,7670	1,4290	223,4180	218,2591	2,3091
8	155,0000	0,7640	1,4340	219,9889	217,4927	1,1347
9	155,5000	0,7627	1,4274	222,5141	219,8503	1,1971
11	158,0000	0,7720	1,4324	215,7730	217,9428	1,0056
12	158,5000	0,7650	1,4286	221,1013	220,6922	0,1850
13	158,8900	0,7711	1,4356	216,8440	217,7288	0,4080
14	159,0000	0,7745	1,4338	213,5276	217,6014	1,9079
16	161,1100	0,7581	1,4251	224,0000	224,5818	0,2597
17	164,0000	0,8648	1,4889	197,7655	195,9357	0,9252
18	165,0000	0,7690	1,4370	214,0481	221,1247	3,3061
19	165,0000	0,7760	1,4347	218,6419	220,3431	0,7781
21	165,0000	0,7756	1,4382	218,6195	219,4502	0,3800
22	166,0000	0,7627	1,4311	230,7419	224,6686	2,6321
23	175,0000	0,7790	1,4345	228,5242	225,4786	1,3327
24	175,0000	0,7750	1,4400	216,2066	224,7273	3,9410
26	188,8900	0,7790	1,4398	236,5075	232,1332	1,8495
27	190,0000	0,7850	1,4398	236,9428	231,5864	2,2606
28	196,0000	0,7856	1,4402	236,5047	234,9568	0,6545
29	196,0000	0,7915	1,4434	234,1559	232,8798	0,5450
31	196,1100	0,8010	1,4470	228,3663	230,0280	0,7277
32	200,0000	0,7930	1,4443	235,9306	234,7700	0,4919
33	200,0000	0,7880	1,4490	241,2473	234,4088	2,8347
34	202,7800	0,8060	1,4500	231,5010	232,3269	0,3568
36	206,6700	0,8045	1,4444	237,1501	236,6545	0,2090
37	207,0000	0,7960	1,4459	239,5133	238,0432	0,6138
38	207,0000	0,8023	1,4494	237,1167	235,8614	0,5294
39	207,2200	0,7920	1,4500	243,2557	237,7842	2,2493
41	208,0000	0,7820	1,4369	244,7005	243,6405	0,4332
42	208,0000	0,8004	1,4510	228,2928	236,3956	3,5493
43	213,8900	0,7985	1,4473	243,2329	241,4477	0,7340
44	213,8900	0,8100	1,4500	236,1790	238,6076	1,0283
46	222,0000	0,7930	1,4450	250,0439	247,8931	0,8602
47	223,5000	0,9553	1,5524	206,8702	204,6471	1,0746
48	235,5600	0,9308	1,5321	214,4887	214,1917	0,1385
49	237,5000	0,8076	1,4550	238,0450	252,5789	6,1055
51	244,6100	0,9501	1,5459	216,7673	215,8213	0,4364
52	245,1100	0,9641	1,5569	213,0090	213,9540	0,4436
53	245,7200	0,9680	1,5600	212,6276	213,7727	0,5385
54	246,2800	0,9657	1,5581	213,3628	214,3592	0,4670
56	258,5000	0,9756	1,5644	218,8823	219,7851	0,4125
57	262,2200	0,9664	1,5565	224,2074	223,5931	0,2740
58	262,5000	0,8232	1,4630	262,7243	264,4138	0,6431
59	265,0000	0,9752	1,5632	223,3882	223,7058	0,1422
61	279,4400	0,8438	1,4716	273,0787	271,6488	0,5236
62	286,1100	0,8578	1,4776	272,5045	273,7402	0,4534
63	287,0000	0,8277	1,4660	280,3992	278,0725	0,8298
64	295,0000	0,8219	1,4610	284,0763	283,1623	0,3217
65	298,6700	0,9082	1,5016	274,4245	272,2720	0,7844

suite du Tableau A.2.33

Erreur Moy	Erreur Max	Erreur Min
1,1521	6,1055	0,1385

Tableau A.2.34: Mesure des performances en généralisation du réseau sur la base de test.

N°	T _{mav} (°C)	d	n	T-Cong(K)	RNA	%Erreur
5	153,0000	0,7715	1,4319	211,0066	215,5145	2,1364
10	157,2200	0,7620	1,4350	223,9092	218,8197	2,2730
15	160,5600	0,8008	1,4436	203,9661	210,9257	3,4121
20	165,0000	0,7820	1,4370	215,6482	218,5008	1,3228
25	186,0000	0,7713	1,4354	240,9204	233,2384	3,1886
30	196,0000	0,7990	1,4476	231,3714	230,1847	0,5129
35	206,1100	0,7860	1,4430	244,7016	240,1715	1,8513
40	207,7800	0,8080	1,4485	233,8841	235,5235	0,7010
45	216,0000	0,7919	1,4453	244,6313	244,4274	0,0833
50	244,6100	0,9681	1,5602	213,1380	213,1862	0,0226
55	255,0000	0,8066	1,4533	263,9957	263,4424	0,2096
60	265,0000	0,9602	1,5513	227,2848	226,6986	0,2579
						1,3310

Tableau A.2.35: Comportement du RNA par rapport à la 3ème partie de la base d'apprentissage.

N°	T _{max} (°C)	d	n	T-Cong(K)	RNA	%Erreur
1	305,0000	0,8310	1,4652	289,0853	293,9661	1,6884
2	305,6700	0,8497	1,4719	289,9895	290,0178	0,0098
3	306,2700	0,8912	1,4896	275,6643	283,3016	2,7705
4	306,8000	0,8770	1,4838	288,1262	285,5390	0,8980
6	323,6700	0,8319	1,4637	300,7917	301,8401	0,3485
7	326,6700	0,9360	1,5212	284,0118	287,7362	1,3114
8	327,7200	0,8756	1,4968	294,6162	294,9097	0,0996
9	333,2200	0,8888	1,5044	297,3871	295,2739	0,7106
11	337,0000	0,8461	1,4742	306,0776	304,0830	0,6517
12	340,3500	0,8806	1,4993	299,3341	299,0294	0,1018
13	340,7700	0,9036	1,5138	296,2090	296,5621	0,1192
14	342,6700	0,8709	1,4842	302,9021	300,9859	0,6326
16	345,0000	0,8400	1,4710	305,9791	309,1044	1,0214
17	352,2500	0,9040	1,5130	301,2726	300,5277	0,2473
18	354,1900	0,9092	1,5156	301,4793	300,6399	0,2784
19	357,6700	0,8425	1,4694	312,2428	314,0610	0,5823
21	361,6400	0,9040	1,5120	305,6115	303,7807	0,5991
22	362,5400	0,8868	1,5004	308,4747	306,3738	0,6811
23	364,6700	0,9671	1,5452	296,8791	300,0769	1,0771
24	366,2300	0,8864	1,5002	310,8540	307,8311	0,9724
26	369,1100	0,9360	1,5108	308,5324	301,0143	2,4367
27	373,0300	0,8880	1,5000	312,5399	310,0516	0,7962
28	374,0600	0,9214	1,5207	308,1217	306,0627	0,6682
29	379,1500	0,9236	1,5218	309,8591	307,5093	0,7583
31	380,6700	0,8845	1,4919	315,6863	313,4234	0,7168
32	383,7800	0,9240	1,5220	311,4574	308,9693	0,7989
33	384,6700	0,8600	1,4820	320,3258	320,6898	0,1136
34	384,6700	0,9742	1,5492	304,6792	305,8313	0,3781
36	390,8700	0,8860	1,4980	319,4372	316,9871	0,7670
37	391,4700	0,8602	1,4821	322,3820	323,3598	0,3033
38	392,0700	0,9030	1,5085	317,1607	314,3456	0,8876
39	394,2500	0,8684	1,4862	321,5205	322,3240	0,2499
41	396,2500	0,8868	1,4974	320,9700	318,7737	0,6843
42	402,6200	0,8878	1,4979	322,9787	320,8405	0,6620
43	404,0000	0,8620	1,4820	325,9844	327,8370	0,5683
44	404,2100	0,8664	1,4770	325,5977	327,1682	0,4823
46	407,7400	0,8640	1,4830	326,9813	328,7177	0,5310
47	410,5200	0,8666	1,4833	327,5159	329,1252	0,4914
48	411,6300	0,8690	1,4855	331,1452	328,8159	0,7034
49	412,9300	0,9070	1,5142	316,9865	320,5518	1,1247
51	413,6000	0,9116	1,5108	323,0938	319,9328	0,9784
52	415,5900	0,8720	1,4870	328,1249	329,4670	0,4090
53	416,0200	0,8900	1,4980	326,5979	325,0455	0,4753
54	416,8800	0,8480	1,4720	368,8082	337,1612	8,5809
56	419,6900	0,8726	1,4863	326,0839	330,8693	1,4676
57	422,5400	0,8920	1,4980	334,6054	326,8368	2,3217
58	424,1400	0,8730	1,4865	314,4614	332,3577	5,6911
59	425,6700	0,9001	1,5002	308,7781	326,1283	5,6190
61	428,9800	0,8724	1,4852	309,5805	334,3342	7,9959
62	433,1000	0,8744	1,4872	319,7496	335,1129	4,8048
63	433,2000	0,8448	1,4694	354,5620	344,3626	2,8766
64	433,5200	0,8646	1,4803	346,2303	338,3110	2,2873
66	439,8100	0,8768	1,4874	330,9629	336,8328	1,7736
67	440,1800	0,8738	1,4859	338,2213	337,816	0,1198

suite du Tableau A.2.35

N°	T _{max} (°C)	d	n	T-Cong(K)	RNA	%Erreur
68	442,4100	0,8776	1,4878	344,6055	337,4797	2,0678
69	463,6900	0,8798	1,4869	343,2483	343,9779	0,2126
71	481,2400	0,9100	1,5040	348,6810	340,3369	2,3930
72	485,5400	0,8860	1,4890	355,1412	348,8237	1,7789
73	486,2700	0,9180	1,5090	341,6293	339,5009	0,6230
74	502,7800	0,8750	1,4865	348,0499	356,4811	2,4224
75	523,8900	0,9240	1,5090	348,5781	347,5826	0,2856
Erreur Moy		Erreur Max	Erreur Min			
1,3788		8,5809	0,0098			

Tableau A.2.36: Mesure des performances en généralisation du réseau sur la base de test.

N°	T _{max} (°C)	d	n	T-Cong(K)	RNA	%Erreur
5	311,5000	0,8343	1,4690	294,9756	295,9455	0,3288
10	336,9700	0,8980	1,5100	295,4148	295,6721	0,0871
15	344,6700	0,9568	1,5366	288,9445	293,5340	1,5884
20	359,7500	0,8530	1,4798	311,9959	312,1353	0,0447
25	367,8800	0,9180	1,5190	306,2047	304,3419	0,6083
30	379,1500	0,8612	1,4836	318,1622	318,1264	0,0113
35	388,7800	0,9182	1,5172	314,0852	311,1195	0,9442
40	394,7300	0,8532	1,4766	323,4279	326,7057	1,0135
45	405,3900	0,9204	1,5172	318,9622	316,0534	0,9119
50	413,1500	0,8978	1,5029	324,7094	322,3714	0,7200
55	416,9600	0,8700	1,4860	303,1222	330,5079	9,0346
60	427,1700	0,8568	1,4764	351,8234	338,3553	3,8281
65	434,0400	0,8732	1,4856	333,4316	335,8800	0,7343
70	478,3200	0,9178	1,5089	323,4923	337,4923	4,3278
						1,7274

Volume molaire

Modèle 1

Tableau A.2.37: Comportement du RNA par rapport à la 1ère partie de la base d'apprentissage.

N°	T _{mav} (°C)	d	n	V _M (10 ⁻³ m ³ /kmole)	RNA	%Erreur
1	35,00	0,6160	1,3610	130,5922	130,6942	0,0781
2	40,00	0,6310	1,3580	133,0959	132,7835	0,2347
3	45,00	0,6340	1,3690	132,1877	131,8451	0,2592
4	53,00	0,6575	1,3711	136,8613	136,0972	0,5583
6	54,50	0,6525	1,3691	138,3894	137,7129	0,4889
7	55,00	0,6490	1,3682	137,7071	136,8983	0,5873
8	55,00	0,6470	1,3750	135,9494	136,4497	0,3680
9	58,00	0,6655	1,3750	137,8338	137,1713	0,4807
11	62,00	0,6705	1,3774	139,9290	138,8865	0,7450
12	62,00	0,6585	1,3722	140,8997	140,7050	0,1382
13	63,00	0,6670	1,3760	139,1216	141,0037	1,3528
14	65,00	0,6580	1,3743	141,4468	141,8807	0,3067
16	65,00	0,6770	1,3890	143,2199	143,8614	0,4479
17	75,00	0,6930	1,3910	142,7294	144,0959	0,9574
18	75,00	0,6820	1,3880	144,1876	140,9971	2,2128
19	75,00	0,6890	1,3940	145,4100	146,1453	0,5057
21	80,50	0,6904	1,3929	145,0313	143,2989	1,1945
22	82,00	0,7129	1,0458	147,5718	147,5783	0,0044
23	85,00	0,7010	1,3990	148,9775	147,7467	0,8262
24	85,00	0,6980	1,3980	147,8735	146,8789	0,6726
26	90,00	0,7030	1,3940	151,0028	151,0000	0,0018
27	90,00	0,6895	1,3880	152,7230	152,4021	0,2101
28	90,50	0,7062	1,4001	145,1991	146,0718	0,6010
29	91,00	0,6980	1,3921	150,1147	152,1501	1,3559
31	92,00	0,6918	1,3893	153,3976	153,0906	0,2001
32	93,00	0,7067	1,3964	153,9433	153,9905	0,0306
33	94,00	0,7048	1,3955	150,6781	150,9713	0,1946
34	94,00	0,7038	1,3951	151,6433	151,5071	0,0898
36	95,00	0,7060	1,4020	148,0379	149,8253	1,2074
37	95,50	0,7095	1,4022	146,1667	148,4371	1,5533
38	97,00	0,7088	1,3976	153,0813	151,5227	1,0181
39	97,00	0,6955	1,3913	155,5019	155,4287	0,0471
41	100,00	0,7237	1,4052	151,1147	152,0730	0,6342
42	100,50	0,7160	1,4040	147,5439	148,5061	0,6521
43	101,00	0,7153	1,4010	155,6704	156,9841	0,8439
44	102,00	0,7300	1,4100	154,0281	154,2804	0,1638
46	104,00	0,7017	1,3947	158,8495	158,8768	0,0172
47	105,00	0,7300	1,4098	154,7356	153,8684	0,5604
48	105,00	0,7240	1,4090	156,6406	156,8425	0,1289
49	105,00	0,7140	1,4060	153,1448	155,0101	1,2180
51	106,00	0,7242	1,4106	162,5602	159,7028	1,7577
52	107,00	0,7218	1,4045	157,6955	159,2076	0,9589
53	108,89	0,7097	1,3987	159,7119	160,0047	0,1833
54	109,00	0,7067	1,3973	161,2504	161,2438	0,0041
56	110,00	0,7188	1,4032	159,0411	159,6447	0,3795
57	110,50	0,7235	1,4087	152,0238	154,9317	1,9128
58	112,00	0,7398	1,4139	155,4298	155,3850	0,0288
59	112,00	0,7347	1,4113	157,3651	156,2915	0,6822
61	113,00	0,7337	1,4109	158,6923	157,4922	0,7563
62	113,50	0,7193	1,4036	160,2403	162,1931	1,2187
63	114,00	0,7163	1,4021	161,6454	162,0642	0,2591
64	114,00	0,7258	1,4069	159,3695	159,1761	0,1213

Tableau A.2.39: Comportement du RNA par rapport à la 2ème partie de la base d'apprentissage.

N°	T _{max} (°C)	d	n	V _M (10 ⁻³ m ³ /kmole)	RNA	%Erreur
1	150,5600	0,7590	1,4240	179,1721	179,8131	0,3578
2	151,1100	0,7590	1,4325	180,6015	178,0467	1,4146
3	152,0000	0,7700	1,4312	176,8417	177,4494	0,3437
4	153,0000	0,7526	1,4272	181,1296	181,9812	0,4702
6	153,0000	0,7670	1,4296	177,6657	178,9787	0,7390
7	155,0000	0,7670	1,4290	184,7879	180,6031	2,2646
8	155,0000	0,7640	1,4340	182,6457	179,7999	1,5581
9	155,5000	0,7627	1,4274	183,4927	182,1001	0,7589
11	158,0000	0,7720	1,4324	180,2152	181,2155	0,5550
12	158,5000	0,7650	1,4286	182,7250	183,7200	0,5445
13	158,8900	0,7711	1,4356	181,0083	181,2101	0,1115
14	159,0000	0,7745	1,4338	179,6948	181,2366	0,8580
16	161,1100	0,7581	1,4251	187,9076	188,6806	0,4114
17	164,0000	0,8648	1,4889	160,8461	161,5679	0,4487
18	165,0000	0,7690	1,4370	182,4379	185,7452	1,8129
19	165,0000	0,7760	1,4347	184,4808	185,1899	0,3844
21	165,0000	0,7756	1,4382	184,1232	184,3551	0,1259
22	166,0000	0,7627	1,4311	192,4646	189,8197	1,3742
23	175,0000	0,7790	1,4345	194,7550	192,6930	1,0588
24	175,0000	0,7750	1,4400	186,6547	191,7390	2,7239
26	188,8900	0,7790	1,4398	204,1910	204,4010	0,1028
27	190,0000	0,7850	1,4398	204,7759	203,4068	0,6686
28	196,0000	0,7856	1,4402	206,3657	209,3526	1,4474
29	196,0000	0,7915	1,4434	205,6641	205,6832	0,0093
31	196,1100	0,8010	1,4470	201,4753	201,1073	0,1826
32	200,0000	0,7930	1,4443	208,4415	208,8816	0,2111
33	200,0000	0,7880	1,4490	211,7507	208,4345	1,5661
34	202,7800	0,8060	1,4500	205,8767	204,5315	0,6534
36	206,6700	0,8045	1,4444	212,6897	211,4683	0,5742
37	207,0000	0,7960	1,4459	213,6983	213,9013	0,0950
38	207,0000	0,8023	1,4494	211,7602	210,2498	0,7133
39	207,2200	0,7920	1,4500	215,6788	213,6563	0,9377
41	208,0000	0,7820	1,4369	218,1775	219,8290	0,7569
42	208,0000	0,8004	1,4510	205,1010	211,1682	2,9582
43	213,8900	0,7985	1,4473	219,1552	218,0712	0,4946
44	213,8900	0,8100	1,4500	213,3239	213,9529	0,2948
46	222,0000	0,7930	1,4450	227,5838	223,0666	1,9849
47	223,5000	0,9553	1,5524	177,9222	176,9012	0,5738
48	235,5600	0,9308	1,5321	191,6612	192,0505	0,2031
49	237,5000	0,8076	1,4550	222,5354	225,6981	1,4212
51	244,6100	0,9501	1,5459	194,4091	193,3313	0,5544
52	245,1100	0,9641	1,5569	189,7805	190,3656	0,3083
53	245,7200	0,9680	1,5600	189,3792	189,8848	0,2670
54	246,2800	0,9657	1,5581	190,4010	190,8606	0,2414
56	258,5000	0,9756	1,5644	198,2946	198,9766	0,3439
57	262,2200	0,9664	1,5565	205,6888	203,4339	1,0963
58	262,5000	0,8232	1,4630	254,0646	254,0646	0,0000
59	265,0000	0,9752	1,5632	204,5341	205,3563	0,4020
61	279,4400	0,8438	1,4716	271,9358	271,3832	0,2032
62	286,1100	0,8578	1,4776	273,2601	273,9711	0,2602
63	287,0000	0,8277	1,4660	284,4225	284,3361	0,0304
64	295,0000	0,8219	1,4610	294,2523	294,2563	0,0013
65	298,6700	0,9082	1,5016	275,7571	275,6810	0,0276

suite du Tableau A.2.39

Erreur Moy	Erreur Max	Erreur Min
0,7151	2,9582	0,0000

Tableau A.2.40: Mesure des performances en généralisation du réseau sur la base de test.

N°	T _{mav} (°C)	d	n	V _M (10 ⁻³ m ³ /kmole)	RNA	%Erreur
5	153,0000	0,7715	1,4319	176,3027	177,7944	0,8461
10	157,2200	0,7620	1,4350	185,0678	181,5021	1,9267
15	160,5600	0,8008	1,4436	175,1736	176,6242	0,8281
20	165,0000	0,7820	1,4370	182,6258	183,7046	0,5907
25	186,0000	0,7713	1,4354	206,1535	206,2808	0,0618
30	196,0000	0,7990	1,4476	203,4903	201,3393	1,0570
35	206,1100	0,7860	1,4430	216,8139	216,7786	0,0163
40	207,7800	0,8080	1,4485	209,4361	209,4297	0,0031
45	216,0000	0,7919	1,4453	219,7188	220,7900	0,4875
50	244,6100	0,9681	1,5602	189,3422	189,0083	0,1763
55	255,0000	0,8066	1,4533	253,5813	229,8344	9,3646
60	265,0000	0,9602	1,5513	209,7404	206,4450	1,5712
						1,4108

Tableau A.2.41: Comportement du RNA par rapport à la 3ème partie de la base d'apprentissage.

N°	T _{max} (°C)	d	n	V _M (10 ⁻³ m ³ /kmole)	RNA	%Erreur
1	305,0000	0,8310	1,4652	305,4221	305,4221	0,0000
2	305,6700	0,8497	1,4719	305,1042	305,1042	0,0000
3	306,2700	0,8912	1,4896	283,4682	283,4682	0,0000
4	306,8000	0,8770	1,4838	300,1266	300,1267	0,0000
6	323,6700	0,8319	1,4637	333,5458	332,3195	0,3677
7	326,6700	0,9360	1,5212	298,1017	301,3247	1,0812
8	327,7200	0,8756	1,4968	321,6580	321,9159	0,0802
9	333,2200	0,8888	1,5044	326,7904	323,4031	1,0365
11	337,0000	0,8461	1,4742	348,7432	345,9202	0,8095
12	340,3500	0,8806	1,4993	335,8424	336,2895	0,1331
13	340,7700	0,9036	1,5138	327,3535	327,1526	0,0614
14	342,6700	0,8709	1,4842	344,2738	340,8237	1,0022
16	345,0000	0,8400	1,4710	355,0617	361,5263	1,8207
17	352,2500	0,9040	1,5130	342,1795	342,7482	0,1662
18	354,1900	0,9092	1,5156	342,5846	342,9928	0,1191
19	357,6700	0,8425	1,4694	375,9674	378,9570	0,7952
21	361,6400	0,9040	1,5120	355,7778	356,8359	0,2974
22	362,5400	0,8868	1,5004	365,4966	366,2036	0,1934
23	364,6700	0,9671	1,5452	331,5816	329,9298	0,4982
24	366,2300	0,8864	1,5002	372,5036	371,9979	0,1358
26	369,1100	0,9360	1,5108	366,4864	365,6616	0,2250
27	373,0300	0,8880	1,5000	380,8491	380,6844	0,0432
28	374,0600	0,9214	1,5207	365,4833	366,8755	0,3809
29	379,1500	0,9236	1,5218	371,9362	373,4068	0,3954
31	380,6700	0,8845	1,4919	393,8200	397,9919	1,0593
32	383,7800	0,9240	1,5220	378,5365	379,8754	0,3537
33	384,6700	0,8600	1,4820	412,0013	409,2065	0,6783
34	384,6700	0,9742	1,5492	355,9500	356,1498	0,0561
36	390,8700	0,8860	1,4980	410,1780	403,8205	1,5499
37	391,4700	0,8602	1,4821	422,8564	422,5953	0,0617
38	392,0700	0,9030	1,5085	402,0345	398,4289	0,8968
39	394,2500	0,8684	1,4862	422,2134	425,6002	0,8021
41	396,2500	0,8868	1,4974	418,3338	413,7188	1,1032
42	402,6200	0,8878	1,4979	428,7078	426,5306	0,5078
43	404,0000	0,8620	1,4820	443,1746	448,7771	1,2642
44	404,2100	0,8664	1,4770	441,8786	441,8786	0,0000
46	407,7400	0,8640	1,4830	448,9737	452,0365	0,6822
47	410,5200	0,8666	1,4833	452,6160	452,9450	0,0727
48	411,6300	0,8690	1,4855	478,6151	453,2078	5,3085
49	412,9300	0,9070	1,5142	411,2613	415,8587	1,1179
51	413,6000	0,9116	1,5108	433,1880	436,4988	0,7643
52	415,5900	0,8720	1,4870	458,1358	455,0249	0,6790
53	416,0200	0,8900	1,4980	450,3698	449,8701	0,1110
54	416,8800	0,8480	1,4720	523,6672	519,6733	0,7627
56	419,6900	0,8726	1,4863	461,0818	456,8824	0,9108
57	422,5400	0,8920	1,4980	469,5946	453,6251	3,4007
58	424,1400	0,8730	1,4865	451,4212	460,9556	2,1121
59	425,6700	0,9001	1,5002	435,1777	453,6802	4,2517
61	428,9800	0,8724	1,4852	451,8736	465,8661	3,0966
62	433,1000	0,8744	1,4872	470,8816	480,5663	2,0567
63	433,2000	0,8448	1,4694	531,5358	531,2791	0,0483
64	433,5200	0,8646	1,4803	512,6310	518,1770	1,0819
66	439,8100	0,8768	1,4874	496,2150	489,6255	1,3280
67	440,1800	0,8738	1,4859	509,0232	518,1659	1,7961

suite du Tableau A.2.41

N°	T _{mav} (°C)	d	n	V _M (10 ⁻³ m ³ /kmole)	RNA	%Erreur
68	442,4100	0,8776	1,4878	520,0338	502,5427	3,3635
69	463,6900	0,8798	1,4869	553,5390	553,539	0,0000
71	481,2400	0,9100	1,5040	579,9987	580,7937	0,1371
72	485,5400	0,8860	1,4890	611,4305	612,4972	0,1745
73	486,2700	0,9180	1,5090	573,2287	572,351	0,1531
74	502,7800	0,8750	1,4865	639,9127	639,1027	0,1266
75	523,8900	0,9240	1,5090	659,1174	659,1174	0,0000
Erreur Moy		Erreur Max	Erreur Min			
0,8444		5,3085	0,0000			

Tableau A.2.42: Mesure des performances en généralisation du réseau sur la base de test.

N°	T _{mav} (°C)	d	n	V _M (10 ⁻³ m ³ /kmole)	RNA	%Erreur
5	311,5000	0,8343	1,4690	316,2024	317,5069	0,4126
10	336,9700	0,8980	1,5100	324,7615	324,4523	0,0952
15	344,6700	0,9568	1,5366	310,3010	310,4414	0,0452
20	359,7500	0,8530	1,4798	375,2967	377,8889	0,6907
25	367,8800	0,9180	1,5190	358,2428	359,1077	0,2414
30	379,1500	0,8612	1,4836	402,0354	399,5217	0,6252
35	388,7800	0,9182	1,5172	389,1866	388,6130	0,1474
40	394,7300	0,8532	1,4766	430,4148	441,2755	2,5233
45	405,3900	0,9204	1,5172	412,6660	408,8152	0,9331
50	413,1500	0,8978	1,5029	440,9075	443,3261	0,5485
55	416,9600	0,8700	1,4860	427,0714	457,6996	7,1717
60	427,1700	0,8568	1,4764	513,5652	537,8341	4,7256
65	434,0400	0,8732	1,4856	492,7450	478,5192	2,8871
70	478,3200	0,9178	1,5089	529,6584	487,8272	7,8978
						2,0675

Modèle 2

Tableau A.2.43: Comportement du RNA par rapport à la 1ère partie de la base d'apprentissage.

N°	T _{mav} (°C)	d	n	V _M (10 ⁻³ m ³ /kmole)	RNA	%Erreur
1	35,00	0,6160	1,3610	130,5922	130,7093	0,0896
2	40,00	0,6310	1,3580	133,0959	132,3554	0,5564
3	45,00	0,6340	1,3690	132,1877	134,1083	1,4529
4	53,00	0,6575	1,3711	136,8613	136,8027	0,0428
6	54,50	0,6525	1,3691	138,3894	137,2316	0,8366
7	55,00	0,6490	1,3682	137,7071	137,4055	0,2190
8	55,00	0,6470	1,3750	135,9494	137,5243	1,1584
9	58,00	0,6655	1,3750	137,8338	138,4170	0,4231
11	62,00	0,6705	1,3774	139,9290	139,7032	0,1614
12	62,00	0,6585	1,3722	140,8997	139,8777	0,7253
13	63,00	0,6670	1,3760	139,1216	140,0954	0,6999
14	65,00	0,6580	1,3743	141,4468	141,1157	0,2341
16	65,00	0,6770	1,3890	143,2199	140,7109	1,7518
17	75,00	0,6930	1,3910	142,7294	143,6947	0,6763
18	75,00	0,6820	1,3880	144,1876	144,2479	0,0418
19	75,00	0,6890	1,3940	145,4100	143,8829	1,0502
21	80,50	0,6904	1,3929	145,0313	146,0702	0,7163
22	82,00	0,7129	1,0458	147,5718	147,7405	0,1143
23	85,00	0,7010	1,3990	148,9775	147,2152	1,1830
24	85,00	0,6980	1,3980	147,8735	147,4699	0,2730
26	90,00	0,7030	1,3940	151,0028	149,4646	1,0187
27	90,00	0,6895	1,3880	152,7230	151,0339	1,1060
28	90,50	0,7062	1,4001	145,1991	149,2948	2,8207
29	91,00	0,6980	1,3921	150,1147	150,5513	0,2909
31	92,00	0,6918	1,3893	153,3976	151,8934	0,9806
32	93,00	0,7067	1,3964	153,9433	150,5677	2,1928
33	94,00	0,7048	1,3955	150,6781	151,3357	0,4364
34	94,00	0,7038	1,3951	151,6433	151,4623	0,1193
36	95,00	0,7060	1,4020	148,0379	151,6018	2,4074
37	95,50	0,7095	1,4022	146,1667	151,4493	3,6141
38	97,00	0,7088	1,3976	153,0813	152,4593	0,4063
39	97,00	0,6955	1,3913	155,5019	154,3934	0,7128
41	100,00	0,7237	1,4052	151,1147	152,0368	0,6102
42	100,50	0,7160	1,4040	147,5439	153,3327	3,9234
43	101,00	0,7153	1,4010	155,6704	153,7932	1,2059
44	102,00	0,7300	1,4100	154,0281	152,1721	1,2050
46	104,00	0,7017	1,3947	158,8495	157,9107	0,5910
47	105,00	0,7300	1,4098	154,7356	153,7778	0,6190
48	105,00	0,7240	1,4090	156,6406	154,6523	1,2694
49	105,00	0,7140	1,4060	153,1448	156,2458	2,0249
51	106,00	0,7242	1,4106	162,5602	155,1590	4,5529
52	107,00	0,7218	1,4045	157,6955	156,3224	0,8707
53	108,89	0,7097	1,3987	159,7119	159,7581	0,0289
54	109,00	0,7067	1,3973	161,2504	160,4078	0,5226
56	110,00	0,7188	1,4032	159,0411	158,7802	0,1641
57	110,50	0,7235	1,4087	152,0238	158,1139	4,0060
58	112,00	0,7398	1,4139	155,4298	156,1995	0,4952
59	112,00	0,7347	1,4113	157,3651	157,1099	0,1622
61	113,00	0,7337	1,4109	158,6923	157,9133	0,4909
62	113,50	0,7193	1,4036	160,2403	161,0483	0,5042
63	114,00	0,7163	1,4021	161,6454	162,0053	0,2226
64	114,00	0,7258	1,4069	159,3695	160,0896	0,4519
66	115,00	0,7260	1,4120	159,1145	160,5276	0,8881

Tableau A.2.45: Comportement du RNA par rapport à la 2ème partie de la base d'apprentissage.

N°	T _{max} (°C)	d	n	V _M (10 ⁻³ m ³ /kmole)	RNA	%Erreur
1	150,5600	0,7590	1,4240	179,1721	181,1138	1,0837
2	151,1100	0,7590	1,4325	180,6015	179,2915	0,7253
3	152,0000	0,7700	1,4312	176,8417	178,0308	0,6724
4	153,0000	0,7526	1,4272	181,1296	182,8768	0,9646
6	153,0000	0,7670	1,4296	177,6657	179,5103	1,0382
7	155,0000	0,7670	1,4290	184,7879	180,8083	2,1536
8	155,0000	0,7640	1,4340	182,6457	180,0866	1,4011
9	155,5000	0,7627	1,4274	183,4927	182,3819	0,6054
11	158,0000	0,7720	1,4324	180,2152	180,7863	0,3169
12	158,5000	0,7650	1,4286	182,7250	183,5712	0,4631
13	158,8900	0,7711	1,4356	181,0083	180,6783	0,1823
14	159,0000	0,7745	1,4338	179,6948	180,5622	0,4827
16	161,1100	0,7581	1,4251	187,9076	187,9562	0,0259
17	164,0000	0,8648	1,4889	160,8461	160,7394	0,0664
18	165,0000	0,7690	1,4370	182,4379	185,1207	1,4705
19	165,0000	0,7760	1,4347	184,4808	184,3223	0,0859
21	165,0000	0,7756	1,4382	184,1232	183,3751	0,4063
22	166,0000	0,7627	1,4311	192,4646	189,1135	1,7411
23	175,0000	0,7790	1,4345	194,7550	192,4514	1,1828
24	175,0000	0,7750	1,4400	186,6547	191,5282	2,6109
26	188,8900	0,7790	1,4398	204,1910	204,0584	0,0650
27	190,0000	0,7850	1,4398	204,7759	203,6468	0,5514
28	196,0000	0,7856	1,4402	206,3657	208,8470	1,2024
29	196,0000	0,7915	1,4434	205,6641	206,2209	0,2707
31	196,1100	0,8010	1,4470	201,4753	202,7430	0,6292
32	200,0000	0,7930	1,4443	208,4415	208,9290	0,2339
33	200,0000	0,7880	1,4490	211,7507	208,4074	1,5789
34	202,7800	0,8060	1,4500	205,8767	206,0121	0,0657
36	206,6700	0,8045	1,4444	212,6897	211,3484	0,6306
37	207,0000	0,7960	1,4459	213,6983	213,0346	0,3106
38	207,0000	0,8023	1,4494	211,7602	210,2564	0,7102
39	207,2200	0,7920	1,4500	215,6788	212,6077	1,4239
41	208,0000	0,7820	1,4369	218,1775	220,6408	1,1290
42	208,0000	0,8004	1,4510	205,1010	210,8281	2,7923
43	213,8900	0,7985	1,4473	219,1552	216,6519	1,1423
44	213,8900	0,8100	1,4500	213,3239	212,9979	0,1528
46	222,0000	0,7930	1,4450	227,5838	224,0992	1,5311
47	223,5000	0,9553	1,5524	177,9222	177,8874	0,0195
48	235,5600	0,9308	1,5321	191,6612	192,1078	0,2330
49	237,5000	0,8076	1,4550	222,5354	227,7807	2,3570
51	244,6100	0,9501	1,5459	194,4091	193,6867	0,3716
52	245,1100	0,9641	1,5569	189,7805	190,0841	0,1600
53	245,7200	0,9680	1,5600	189,3792	189,2576	0,0642
54	246,2800	0,9657	1,5581	190,4010	190,4203	0,0101
56	258,5000	0,9756	1,5644	198,2946	197,7836	0,2577
57	262,2200	0,9664	1,5565	205,6888	205,2584	0,2093
58	262,5000	0,8232	1,4630	254,0646	252,5655	0,5901
59	265,0000	0,9752	1,5632	204,5341	205,5572	0,5002
61	279,4400	0,8438	1,4716	271,9358	270,7041	0,4529
62	286,1100	0,8578	1,4776	273,2601	274,3234	0,3891
63	287,0000	0,8277	1,4660	284,4225	284,8825	0,1617
64	295,0000	0,8219	1,4610	294,2523	294,0602	0,0653
65	298,6700	0,9082	1,5016	275,7571	275,6488	0,0393

suite du Tableau A.2.45

Erreur Moy	Erreur Max	Erreur Min
0,7166	2,7923	0,0101

Tableau A.2.46: Mesure des performances en généralisation du réseau sur la base de test.

N°	T _{mav} (°C)	d	n	V _M (10 ⁻³ m ³ /kmole)	RNA	%Erreur
5	153,0000	0,7715	1,4319	176,3027	178,0962	1,0173
10	157,2200	0,7620	1,4350	185,0678	181,5614	1,8947
15	160,5600	0,8008	1,4436	175,1736	173,9993	0,6703
20	165,0000	0,7820	1,4370	182,6258	182,3872	0,1307
25	186,0000	0,7713	1,4354	206,1535	204,7681	0,6720
30	196,0000	0,7990	1,4476	203,4903	202,9084	0,2859
35	206,1100	0,7860	1,4430	216,8139	215,8848	0,4285
40	207,7800	0,8080	1,4485	209,4361	209,8275	0,1869
45	216,0000	0,7919	1,4453	219,7188	220,3499	0,2872
50	244,6100	0,9681	1,5602	189,3422	188,4145	0,4899
55	255,0000	0,8066	1,4533	253,5813	250,2830	1,3007
60	265,0000	0,9602	1,5513	209,7404	210,8748	0,5408
						0,6588

Tableau A.2.47: Comportement du RNA par rapport à la 3ème partie de la base d'apprentissage.

N°	T _{max} (°C)	d	n	V _M (10 ⁻³ m ³ /kmole)	RNA	%Erreur
1	305,0000	0,8310	1,4652	305,4221	309,8839	1,4609
2	305,6700	0,8497	1,4719	305,1042	304,5910	0,1682
3	306,2700	0,8912	1,4896	283,4682	292,4894	3,1824
4	306,8000	0,8770	1,4838	300,1266	297,3052	0,9401
6	323,6700	0,8319	1,4637	333,5458	334,4081	0,2585
7	326,6700	0,9360	1,5212	298,1017	302,6470	1,5247
8	327,7200	0,8756	1,4968	321,6580	321,5402	0,0366
9	333,2200	0,8888	1,5044	326,7904	323,8110	0,9117
11	337,0000	0,8461	1,4742	348,7432	345,8579	0,8273
12	340,3500	0,8806	1,4993	335,8424	335,3792	0,1379
13	340,7700	0,9036	1,5138	327,3535	327,9901	0,1945
14	342,6700	0,8709	1,4842	344,2738	343,8970	0,1095
16	345,0000	0,8400	1,4710	355,0617	360,0424	1,4028
17	352,2500	0,9040	1,5130	342,1795	341,8629	0,0925
18	354,1900	0,9092	1,5156	342,5846	342,4940	0,0265
19	357,6700	0,8425	1,4694	375,9674	379,2174	0,8644
21	361,6400	0,9040	1,5120	355,7778	353,8573	0,5398
22	362,5400	0,8868	1,5004	365,4966	362,3733	0,8545
23	364,6700	0,9671	1,5452	331,5816	336,7916	1,5713
24	366,2300	0,8864	1,5002	372,5036	367,6193	1,3112
26	369,1100	0,9360	1,5108	366,4864	354,6387	3,2328
27	373,0300	0,8880	1,5000	380,8491	376,8020	1,0626
28	374,0600	0,9214	1,5207	365,4833	363,4533	0,5554
29	379,1500	0,9236	1,5218	371,9362	369,2853	0,7127
31	380,6700	0,8845	1,4919	393,8200	392,3182	0,3813
32	383,7800	0,9240	1,5220	378,5365	375,3013	0,8547
33	384,6700	0,8600	1,4820	412,0013	411,3242	0,1643
34	384,6700	0,9742	1,5492	355,9500	358,1529	0,6189
36	390,8700	0,8860	1,4980	410,1780	405,0677	1,2459
37	391,4700	0,8602	1,4821	422,8564	422,8810	0,0058
38	392,0700	0,9030	1,5085	402,0345	397,3012	1,1773
39	394,2500	0,8684	1,4862	422,2134	422,5523	0,0803
41	396,2500	0,8868	1,4974	418,3338	413,7828	1,0879
42	402,6200	0,8878	1,4979	428,7078	423,7675	1,1524
43	404,0000	0,8620	1,4820	443,1746	445,0218	0,4168
44	404,2100	0,8664	1,4770	441,8786	448,0382	1,3940
46	407,7400	0,8640	1,4830	448,9737	450,6189	0,3664
47	410,5200	0,8666	1,4833	452,6160	454,8307	0,4893
48	411,6300	0,8690	1,4855	478,6151	454,3814	5,0633
49	412,9300	0,9070	1,5142	411,2613	426,0027	3,5844
51	413,6000	0,9116	1,5108	433,1880	427,4996	1,3131
52	415,5900	0,8720	1,4870	458,1358	459,7478	0,3519
53	416,0200	0,8900	1,4980	450,3698	446,3760	0,8868
54	416,8800	0,8480	1,4720	523,6672	483,9195	7,5903
56	419,6900	0,8726	1,4863	461,0818	468,1095	1,5242
57	422,5400	0,8920	1,4980	469,5946	457,6973	2,5335
58	424,1400	0,8730	1,4865	451,4212	476,6133	5,5806
59	425,6700	0,9001	1,5002	435,1777	459,2696	5,5361
61	428,9800	0,8724	1,4852	451,8736	487,8565	7,9630
62	433,1000	0,8744	1,4872	470,8816	493,7134	4,8487
63	433,2000	0,8448	1,4694	531,5358	522,9803	1,6096
64	433,5200	0,8646	1,4803	512,6310	504,9510	1,4981
66	439,8100	0,8768	1,4874	496,2150	506,7804	2,1292
67	440,1800	0,8738	1,4859	509,0232	510,1462	0,2206

suite du Tableau A.2.47

N°	T _{mav} (°C)	d	n	V _M (10 ⁻³ m ³ /kmole)	RNA	%Erreur
68	442,4100	0,8776	1,4878	520,0338	511,6206	1,6178
69	463,6900	0,8798	1,4869	553,5390	558,804	0,9512
71	481,2400	0,9100	1,5040	579,9987	567,536	2,1487
72	485,5400	0,8860	1,4890	611,4305	603,8294	1,2432
73	486,2700	0,9180	1,5090	573,2287	570,1167	0,5429
74	502,7800	0,8750	1,4865	639,9127	649,2867	1,4649
75	523,8900	0,9240	1,5090	659,1174	652,8929	0,9444
Erreur Moy		Erreur Max	Erreur Min			
1,5174		7,9630	0,0058			

Tableau A.2.48: Mesure des performances en généralisation du réseau sur la base de test.

N°	T _{mav} (°C)	d	n	V _M (10 ⁻³ m ³ /kmole)	RNA	%Erreur
5	311,5000	0,8343	1,4690	316,2024	316,5648	0,1146
10	336,9700	0,8980	1,5100	324,7615	325,2986	0,1654
15	344,6700	0,9568	1,5366	310,3010	317,0400	2,1718
20	359,7500	0,8530	1,4798	375,2967	374,8054	0,1309
25	367,8800	0,9180	1,5190	358,2428	356,7386	0,4199
30	379,1500	0,8612	1,4836	402,0354	400,9337	0,2740
35	388,7800	0,9182	1,5172	389,1866	385,1001	1,0500
40	394,7300	0,8532	1,4766	430,4148	434,7403	1,0050
45	405,3900	0,9204	1,5172	412,6660	408,7716	0,9437
50	413,1500	0,8978	1,5029	440,9075	435,6118	1,2011
55	416,9600	0,8700	1,4860	427,0714	463,8735	8,6173
60	427,1700	0,8568	1,4764	513,5652	498,1386	3,0038
65	434,0400	0,8732	1,4856	492,7450	497,6822	1,0020
70	478,3200	0,9178	1,5089	529,6584	552,6847	4,3474
						1,7462

Point d'aniline
Modèle 1

Tableau A.2.49: Comportement du RNA par rapport à la 1ère partie de la base d'apprentissage.

N°	Tmav(°C)	d	n	PA(K)	RNA	%Erreur
1	35,00	0,6160	1,3610	340,2307	340,2307	0,0000
2	40,00	0,6310	1,3580	340,3929	340,3929	0,0000
3	45,00	0,6340	1,3690	334,7377	334,7377	0,0000
4	53,00	0,6575	1,3711	336,5153	333,8828	0,7823
6	54,50	0,6525	1,3691	338,2587	333,8829	1,2936
7	55,00	0,6490	1,3682	337,3304	333,8829	1,0220
8	55,00	0,6470	1,3750	333,4004	333,8829	0,1447
9	58,00	0,6655	1,3750	334,6464	333,8824	0,2283
11	62,00	0,6705	1,3774	334,9089	333,8319	0,3067
12	62,00	0,6585	1,3722	337,0091	333,8829	0,9276
13	63,00	0,6670	1,3760	332,9512	333,8826	0,2797
14	65,00	0,6580	1,3743	336,3731	333,8829	0,7403
16	65,00	0,6770	1,3890	339,1534	333,8829	1,5540
17	75,00	0,6930	1,3910	331,3367	333,8718	0,7651
18	75,00	0,6820	1,3880	333,9149	333,8828	0,0096
19	75,00	0,6890	1,3940	335,9068	333,8827	0,6026
21	80,50	0,6904	1,3929	327,8792	333,8826	1,8310
22	82,00	0,7129	1,0458	333,6179	335,0363	0,4252
23	85,00	0,7010	1,3990	334,8293	333,7885	0,3108
24	85,00	0,6980	1,3980	333,1032	333,8806	0,2334
26	90,00	0,7030	1,3940	334,2730	333,8366	0,1305
27	90,00	0,6895	1,3880	334,6548	333,8821	0,2309
28	90,50	0,7062	1,4001	317,6105	317,6865	0,0239
29	91,00	0,6980	1,3921	327,7446	333,8755	1,8706
31	92,00	0,6918	1,3893	334,1538	333,8819	0,0814
32	93,00	0,7067	1,3964	334,8679	333,7898	0,3219
33	94,00	0,7048	1,3955	327,5434	333,8533	1,9264
34	94,00	0,7038	1,3951	331,3677	333,8626	0,7529
36	95,00	0,7060	1,4020	318,9699	314,9049	1,2744
37	95,50	0,7095	1,4022	313,4426	314,8926	0,4626
38	97,00	0,7088	1,3976	328,4867	328,4830	0,0011
39	97,00	0,6955	1,3913	333,1905	333,8818	0,2075
41	100,00	0,7237	1,4052	323,9123	326,8140	0,8958
42	100,50	0,7160	1,4040	310,8897	314,8662	1,2791
43	101,00	0,7153	1,4010	332,6672	327,8687	1,4424
44	102,00	0,7300	1,4100	330,8449	326,3893	1,3467
46	104,00	0,7017	1,3947	332,8801	333,8802	0,3005
47	105,00	0,7300	1,4098	329,0055	326,8267	0,6622
48	105,00	0,7240	1,4090	333,4975	327,9198	1,6725
49	105,00	0,7140	1,4060	317,5916	317,5916	0,0000
51	106,00	0,7242	1,4106	339,7824	327,9646	3,4781
52	107,00	0,7218	1,4045	330,4958	327,7724	0,8240
53	108,89	0,7097	1,3987	330,8243	328,0323	0,8440
54	109,00	0,7067	1,3973	332,7457	332,7789	0,0100
56	110,00	0,7188	1,4032	331,0901	327,9354	0,9528
57	110,50	0,7235	1,4087	308,5383	327,9639	6,2960
58	112,00	0,7398	1,4139	322,8934	322,8768	0,0051
59	112,00	0,7347	1,4113	321,9024	325,9860	1,2686
61	113,00	0,7337	1,4109	324,9717	326,6691	0,5223
62	113,50	0,7193	1,4036	325,2827	327,9576	0,8223
63	114,00	0,7163	1,4021	329,6270	327,9767	0,5006
64	114,00	0,7258	1,4069	325,6676	327,8295	0,6638

Tableau A.2.51: Comportement du RNA par rapport à la 2ème partie de la base d'apprentissage.

N°	T _{mav} (°C)	d	n	PA(K)	RNA	%Erreur
1	150,5600	0,7590	1,4240	330,8789	328,8138	0,6241
2	151,1100	0,7590	1,4325	327,7116	324,1895	1,0747
3	152,0000	0,7700	1,4312	322,9172	323,8433	0,2868
4	153,0000	0,7526	1,4272	326,9395	329,7710	0,8660
6	153,0000	0,7670	1,4296	322,2249	326,0061	1,1735
7	155,0000	0,7670	1,4290	335,2233	327,2088	2,3908
8	155,0000	0,7640	1,4340	330,5577	323,9026	2,0133
9	155,5000	0,7627	1,4274	328,9113	328,9363	0,0076
11	158,0000	0,7720	1,4324	322,7339	325,4358	0,8372
12	158,5000	0,7650	1,4286	322,2355	329,1333	2,1406
13	158,8900	0,7711	1,4356	322,4631	323,2443	0,2423
14	159,0000	0,7745	1,4338	322,8425	324,3534	0,4680
16	161,1100	0,7581	1,4251	334,0890	332,1248	0,5879
17	164,0000	0,8648	1,4889	287,9020	288,2300	0,1139
18	165,0000	0,7690	1,4370	321,0291	324,7772	1,1675
19	165,0000	0,7760	1,4347	324,1344	326,0574	0,5933
21	165,0000	0,7756	1,4382	322,3364	323,0644	0,2259
22	166,0000	0,7627	1,4311	333,6755	330,5676	0,9314
23	175,0000	0,7790	1,4345	333,8678	329,6890	1,2516
24	175,0000	0,7750	1,4400	317,2394	325,2824	2,5353
26	188,8900	0,7790	1,4398	329,7228	329,3826	0,1032
27	190,0000	0,7850	1,4398	331,3374	329,6747	0,5018
28	196,0000	0,7856	1,4402	324,1061	330,9471	2,1107
29	196,0000	0,7915	1,4434	330,1847	328,0240	0,6544
31	196,1100	0,8010	1,4470	325,6224	325,1337	0,1501
32	200,0000	0,7930	1,4443	330,7640	328,3113	0,7415
33	200,0000	0,7880	1,4490	332,2647	325,3535	2,0800
34	202,7800	0,8060	1,4500	326,3889	325,1145	0,3905
36	206,6700	0,8045	1,4444	340,4218	338,5603	0,5468
37	207,0000	0,7960	1,4459	332,4073	328,7905	1,0881
38	207,0000	0,8023	1,4494	330,9471	326,2923	1,4065
39	207,2200	0,7920	1,4500	328,8138	325,9587	0,8683
41	208,0000	0,7820	1,4369	333,4284	335,9763	0,7642
42	208,0000	0,8004	1,4510	311,4476	325,5061	4,5139
43	213,8900	0,7985	1,4473	334,1577	329,4711	1,4025
44	213,8900	0,8100	1,4500	327,6811	332,5730	1,4929
46	222,0000	0,7930	1,4450	333,1759	333,0839	0,0276
47	223,5000	0,9553	1,5524	269,9703	269,9703	0,0000
48	235,5600	0,9308	1,5321	272,3860	271,7351	0,2390
49	237,5000	0,8076	1,4550	291,9798	293,0832	0,3779
51	244,6100	0,9501	1,5459	270,7851	270,1892	0,2201
52	245,1100	0,9641	1,5569	264,9033	265,1810	0,1048
53	245,7200	0,9680	1,5600	265,6089	264,0896	0,5720
54	246,2800	0,9657	1,5581	265,6041	265,3186	0,1075
56	258,5000	0,9756	1,5644	267,9447	269,2948	0,5039
57	262,2200	0,9664	1,5565	277,6082	275,7255	0,6782
58	262,5000	0,8232	1,4630	318,3256	317,0254	0,4084
59	265,0000	0,9752	1,5632	270,9608	273,8088	1,0511
61	279,4400	0,8438	1,4716	344,7462	342,6085	0,6201
62	286,1100	0,8578	1,4776	341,0727	343,5278	0,7198
63	287,0000	0,8277	1,4660	337,4265	339,5912	0,6415
64	295,0000	0,8219	1,4610	346,4071	346,8865	0,1384
65	298,6700	0,9082	1,5016	345,2322	342,9259	0,6680

suite du Tableau A.2.51

Erreur Moy	Erreur Max	Erreur Min
0,8571	4,5139	0,0000

Tableau A.2.52: Mesure des performances en généralisation du réseau sur la base de test.

N°	T _{max} (°C)	d	n	PA(K)	RNA	%Erreur
5	153,0000	0,7715	1,4319	322,6037	323,5085	0,2805
10	157,2200	0,7620	1,4350	329,9679	324,1986	1,7484
15	160,5600	0,8008	1,4436	322,8490	311,8604	3,4036
20	165,0000	0,7820	1,4370	322,6282	323,2057	0,1790
25	186,0000	0,7713	1,4354	334,7143	332,4914	0,6641
30	196,0000	0,7990	1,4476	328,5327	324,6913	1,1692
35	206,1100	0,7860	1,4430	332,3859	330,6908	0,5100
40	207,7800	0,8080	1,4485	327,2463	330,3564	0,9504
45	216,0000	0,7919	1,4453	318,3705	331,0503	3,9827
50	244,6100	0,9681	1,5602	267,5702	263,3445	1,5793
55	255,0000	0,8066	1,4533	332,0602	309,1231	6,9075
60	265,0000	0,9602	1,5513	276,6880	281,8137	1,8525
						1,9356

Tableau A.2.53: Comportement du RNA par rapport à la 3ème partie de la base d'apprentissage.

N°	T _{mav} (°C)	d	n	PA(K)	RNA	%Erreur
1	305,0000	0,8310	1,4652	352,9339	361,4415	2,4105
2	305,6700	0,8497	1,4719	359,8237	358,5040	0,3668
3	306,2700	0,8912	1,4896	342,2412	349,8359	2,2191
4	306,8000	0,8770	1,4838	360,1320	353,2097	1,9221
6	323,6700	0,8319	1,4637	367,1793	367,1139	0,0178
7	326,6700	0,9360	1,5212	345,5821	344,1609	0,4113
8	327,7200	0,8756	1,4968	361,0536	357,9009	0,8732
9	333,2200	0,8888	1,5044	360,4257	356,7786	1,0119
11	337,0000	0,8461	1,4742	367,8052	367,7502	0,0149
12	340,3500	0,8806	1,4993	362,4612	361,2344	0,3385
13	340,7700	0,9036	1,5138	357,4625	355,7776	0,4713
14	342,6700	0,8709	1,4842	365,1698	365,8125	0,1760
16	345,0000	0,8400	1,4710	364,5395	370,4510	1,6216
17	352,2500	0,9040	1,5130	361,1760	360,0938	0,2996
18	354,1900	0,9092	1,5156	358,8399	359,6988	0,2393
19	357,6700	0,8425	1,4694	373,7328	373,0058	0,1945
21	361,6400	0,9040	1,5120	363,9720	363,3418	0,1731
22	362,5400	0,8868	1,5004	368,7158	367,0539	0,4507
23	364,6700	0,9671	1,5452	348,5205	350,2462	0,4952
24	366,2300	0,8864	1,5002	369,7174	368,0417	0,4532
26	369,1100	0,9360	1,5108	366,5817	363,4636	0,8506
27	373,0300	0,8880	1,5000	371,5079	369,5759	0,5200
28	374,0600	0,9214	1,5207	363,0386	363,9625	0,2545
29	379,1500	0,9236	1,5218	363,8683	365,0588	0,3272
31	380,6700	0,8845	1,4919	373,9688	373,9688	0,0000
32	383,7800	0,9240	1,5220	365,7134	366,2696	0,1521
33	384,6700	0,8600	1,4820	379,2115	378,2380	0,2567
34	384,6700	0,9742	1,5492	354,0593	356,4700	0,6809
36	390,8700	0,8860	1,4980	376,4066	376,3997	0,0018
37	391,4700	0,8602	1,4821	381,2301	379,4200	0,4748
38	392,0700	0,9030	1,5085	374,1021	374,5261	0,1133
39	394,2500	0,8684	1,4862	381,1094	378,8791	0,5852
41	396,2500	0,8868	1,4974	378,1087	377,3026	0,2132
42	402,6200	0,8878	1,4979	379,8803	378,1583	0,4533
43	404,0000	0,8620	1,4820	384,4789	384,5900	0,0289
44	404,2100	0,8664	1,4770	385,2678	383,7315	0,3988
46	407,7400	0,8640	1,4830	385,3225	386,5777	0,3258
47	410,5200	0,8666	1,4833	385,7452	387,3816	0,4242
48	411,6300	0,8690	1,4855	388,5719	385,2803	0,8471
49	412,9300	0,9070	1,5142	363,4720	377,3007	3,8046
51	413,6000	0,9116	1,5108	379,5315	377,5891	0,5118
52	415,5900	0,8720	1,4870	385,6855	386,3630	0,1757
53	416,0200	0,8900	1,4980	383,4786	379,8650	0,9423
54	416,8800	0,8480	1,4720	432,6708	432,6708	0,0000
56	419,6900	0,8726	1,4863	383,3419	383,3419	0,0000
57	422,5400	0,8920	1,4980	392,3588	392,3588	0,0000
58	424,1400	0,8730	1,4865	370,0273	370,0273	0,0000
59	425,6700	0,9001	1,5002	362,9143	362,9143	0,0000
61	428,9800	0,8724	1,4852	364,0400	364,9657	0,2543
62	433,1000	0,8744	1,4872	375,1729	373,4557	0,4577
63	433,2000	0,8448	1,4694	415,4729	409,0162	1,5541
64	433,5200	0,8646	1,4803	405,6699	404,1777	0,3678
66	439,8100	0,8768	1,4874	387,7289	392,1155	1,1314
67	440,1800	0,8738	1,4859	396,2992	400,1523	0,9723

suite du Tableau A.2.53

N°	T _{mav} (°C)	d	n	PA(K)	RNA	%Erreur
68	442,4100	0,8776	1,4878	403,5454	396,8352	1,6628
69	463,6900	0,8798	1,4869	401,4215	409,3392	1,9724
71	481,2400	0,9100	1,5040	408,3083	405,4577	0,6981
72	485,5400	0,8860	1,4890	414,8332	410,1758	1,1227
73	486,2700	0,9180	1,5090	399,4918	400,9576	0,3669
74	502,7800	0,8750	1,4865	407,2719	410,7184	0,8462
75	523,8900	0,9240	1,5090	408,6798	410,5685	0,4622
Erreur Moy		Erreur Max	Erreur Min			
0,6291		3,8046	0,0000			

Tableau A.2.54: Mesure des performances en généralisation du réseau sur la base de test.

N°	T _{mav} (°C)	d	n	PA(K)	RNA	%Erreur
5	311,5000	0,8343	1,4690	354,5330	362,4148	2,2231
10	336,9700	0,8980	1,5100	355,6537	355,8648	0,0594
15	344,6700	0,9568	1,5366	344,7041	345,1519	0,1299
20	359,7500	0,8530	1,4798	371,6852	371,5546	0,0351
25	367,8800	0,9180	1,5190	361,5622	362,6988	0,3144
30	379,1500	0,8612	1,4836	376,1921	377,1222	0,2472
35	388,7800	0,9182	1,5172	369,3354	371,7032	0,6411
40	394,7300	0,8532	1,4766	384,3688	384,4562	0,0227
45	405,3900	0,9204	1,5172	371,4124	375,0950	0,9915
50	413,1500	0,8978	1,5029	381,3616	378,7803	0,6769
55	416,9600	0,8700	1,4860	357,7846	391,9793	9,5573
60	427,1700	0,8568	1,4764	412,6225	405,3644	1,7590
65	434,0400	0,8732	1,4856	391,0747	384,932	1,5707
70	478,3200	0,9178	1,5089	377,0863	375,7901	0,3438
						1,3266

Modèle 2

Tableau A.2.55: Comportement du RNA par rapport à la 1ère partie de la base d'apprentissage.

N°	Tmav(°C)	d	n	PA(K)	RNA	%Erreur
1	35,00	0,6160	1,3610	340,2307	339,9458	0,0837
2	40,00	0,6310	1,3580	340,3929	338,2859	0,6190
3	45,00	0,6340	1,3690	334,7377	337,8656	0,9344
4	53,00	0,6575	1,3711	336,5153	335,1084	0,4181
6	54,50	0,6525	1,3691	338,2587	335,7819	0,7322
7	55,00	0,6490	1,3682	337,3304	336,2344	0,3249
8	55,00	0,6470	1,3750	333,4004	336,3853	0,8953
9	58,00	0,6655	1,3750	334,6464	334,1561	0,1465
11	62,00	0,6705	1,3774	334,9089	333,5759	0,3980
12	62,00	0,6585	1,3722	337,0091	335,1401	0,5546
13	63,00	0,6670	1,3760	332,9512	334,0508	0,3303
14	65,00	0,6580	1,3743	336,3731	335,2293	0,3400
16	65,00	0,6770	1,3890	339,1534	332,6569	1,9155
17	75,00	0,6930	1,3910	331,3367	330,8134	0,1579
18	75,00	0,6820	1,3880	333,9149	332,2368	0,5025
19	75,00	0,6890	1,3940	335,9068	331,2732	1,3794
21	80,50	0,6904	1,3929	327,8792	331,2191	1,0186
22	82,00	0,7129	1,0458	333,6179	333,3581	0,0779
23	85,00	0,7010	1,3990	334,8293	329,8865	1,4762
24	85,00	0,6980	1,3980	333,1032	330,2779	0,8482
26	90,00	0,7030	1,3940	334,2730	329,8028	1,3373
27	90,00	0,6895	1,3880	334,6548	331,5848	0,9174
28	90,50	0,7062	1,4001	317,6105	329,3231	3,6877
29	91,00	0,6980	1,3921	327,7446	330,4778	0,8339
31	92,00	0,6918	1,3893	334,1538	331,3161	0,8492
32	93,00	0,7067	1,3964	334,8679	329,3612	1,6444
33	94,00	0,7048	1,3955	327,5434	329,6323	0,6377
34	94,00	0,7038	1,3951	331,3677	329,7637	0,4840
36	95,00	0,7060	1,4020	318,9699	329,4080	3,2724
37	95,50	0,7095	1,4022	313,4426	328,9748	4,9554
38	97,00	0,7088	1,3976	328,4867	329,1573	0,2041
39	97,00	0,6955	1,3913	333,1905	330,9192	0,6817
41	100,00	0,7237	1,4052	323,9123	327,2365	1,0263
42	100,50	0,7160	1,4040	310,8897	328,2289	5,5773
43	101,00	0,7153	1,4010	332,6672	328,3691	1,2920
44	102,00	0,7300	1,4100	330,8449	326,4188	1,3378
46	104,00	0,7017	1,3947	332,8801	330,2263	0,7972
47	105,00	0,7300	1,4098	329,0055	326,4791	0,7679
48	105,00	0,7240	1,4090	333,4975	327,2411	1,8760
49	105,00	0,7140	1,4060	317,5916	328,5384	3,4468
51	106,00	0,7242	1,4106	339,7824	327,2124	3,6994
52	107,00	0,7218	1,4045	330,4958	327,6192	0,8704
53	108,89	0,7097	1,3987	330,8243	329,2578	0,4735
54	109,00	0,7067	1,3973	332,7457	329,6571	0,9282
56	110,00	0,7188	1,4032	331,0901	328,0717	0,9116
57	110,50	0,7235	1,4087	308,5383	327,4137	6,1177
58	112,00	0,7398	1,4139	322,8934	325,3337	0,7558
59	112,00	0,7347	1,4113	321,9024	326,0053	1,2746
61	113,00	0,7337	1,4109	324,9717	326,1548	0,3641
62	113,50	0,7193	1,4036	325,2827	328,0707	0,8571
63	114,00	0,7163	1,4021	329,6270	328,4785	0,3484
64	114,00	0,7258	1,4069	325,6676	327,2183	0,4761
66	115,00	0,7260	1,4120	321,8716	327,1401	1,6368

Tableau A.2.57: Comportement du RNA par rapport à la 2ème partie de la base d'apprentissage.

N°	T _{max} (°C)	d	n	PA(K)	RNA	%Erreur
1	150,5600	0,7590	1,4240	330,8789	330,5607	0,0962
2	151,1100	0,7590	1,4325	327,7116	325,0763	0,8041
3	152,0000	0,7700	1,4312	322,9172	325,1159	0,6809
4	153,0000	0,7526	1,4272	326,9395	329,3178	0,7274
6	153,0000	0,7670	1,4296	322,2249	326,5935	1,3557
7	155,0000	0,7670	1,4290	335,2233	327,3495	2,3488
8	155,0000	0,7640	1,4340	330,5577	324,1916	1,9259
9	155,5000	0,7627	1,4274	328,9113	328,8720	0,0119
11	158,0000	0,7720	1,4324	322,7339	325,1697	0,7547
12	158,5000	0,7650	1,4286	322,2355	328,4783	1,9373
13	158,8900	0,7711	1,4356	322,4631	323,1651	0,2177
14	159,0000	0,7745	1,4338	322,8425	324,1888	0,4170
16	161,1100	0,7581	1,4251	334,0890	332,0718	0,6038
17	164,0000	0,8648	1,4889	287,9020	288,0960	0,0674
18	165,0000	0,7690	1,4370	321,0291	323,5706	0,7917
19	165,0000	0,7760	1,4347	324,1344	324,8082	0,2079
21	165,0000	0,7756	1,4382	322,3364	322,2327	0,0322
22	166,0000	0,7627	1,4311	333,6755	328,6197	1,5152
23	175,0000	0,7790	1,4345	333,8678	328,0145	1,7532
24	175,0000	0,7750	1,4400	317,2394	323,6643	2,0252
26	188,8900	0,7790	1,4398	329,7228	329,2713	0,1369
27	190,0000	0,7850	1,4398	331,3374	329,8830	0,4390
28	196,0000	0,7856	1,4402	324,1061	332,4047	2,5605
29	196,0000	0,7915	1,4434	330,1847	329,4959	0,2086
31	196,1100	0,8010	1,4470	325,6224	326,6416	0,3130
32	200,0000	0,7930	1,4443	330,7640	330,4381	0,0985
33	200,0000	0,7880	1,4490	332,2647	325,0152	2,1818
34	202,7800	0,8060	1,4500	326,3889	326,9424	0,1696
36	206,6700	0,8045	1,4444	340,4218	334,3201	1,7924
37	207,0000	0,7960	1,4459	332,4073	331,1341	0,3830
38	207,0000	0,8023	1,4494	330,9471	328,0622	0,8717
39	207,2200	0,7920	1,4500	328,8138	325,7479	0,9324
41	208,0000	0,7820	1,4369	333,4284	339,9491	1,9557
42	208,0000	0,8004	1,4510	311,4476	325,9085	4,6431
43	213,8900	0,7985	1,4473	334,1577	329,5313	1,3845
44	213,8900	0,8100	1,4500	327,6811	328,8760	0,3646
46	222,0000	0,7930	1,4450	333,1759	326,1420	2,1112
47	223,5000	0,9553	1,5524	269,9703	268,5779	0,5157
48	235,5600	0,9308	1,5321	272,3860	273,8157	0,5249
49	237,5000	0,8076	1,4550	291,9798	298,3382	2,1777
51	244,6100	0,9501	1,5459	270,7851	270,8527	0,0250
52	245,1100	0,9641	1,5569	264,9033	265,8911	0,3729
53	245,7200	0,9680	1,5600	265,6089	264,7647	0,3179
54	246,2800	0,9657	1,5581	265,6041	265,7831	0,0674
56	258,5000	0,9756	1,5644	267,9447	268,2503	0,1140
57	262,2200	0,9664	1,5565	277,6082	275,2844	0,8371
58	262,5000	0,8232	1,4630	318,3256	314,8390	1,0953
59	265,0000	0,9752	1,5632	270,9608	272,7513	0,6608
61	279,4400	0,8438	1,4716	344,7462	339,4096	1,5480
62	286,1100	0,8578	1,4776	341,0727	345,0558	1,1678
63	287,0000	0,8277	1,4660	337,4265	341,3294	1,1567
64	295,0000	0,8219	1,4610	346,4071	345,9678	0,1268
65	298,6700	0,9082	1,5016	345,2322	343,7729	0,4227

suite du Tableau A.2.57

Erreur Moy	Erreur Max	Erreur Min
0,9425	4,6431	0,0119

Tableau A.2.58: Mesure des performances en généralisation du réseau sur la base de test.

N°	T _{max} (°C)	d	n	PA(K)	RNA	%Erreur
5	153,0000	0,7715	1,4319	322,6037	324,6729	0,6414
10	157,2200	0,7620	1,4350	329,9679	324,0176	1,8033
15	160,5600	0,8008	1,4436	322,8490	315,5453	2,2623
20	165,0000	0,7820	1,4370	322,6282	322,6907	0,0194
25	186,0000	0,7713	1,4354	334,7143	332,0600	0,7930
30	196,0000	0,7990	1,4476	328,5327	325,7972	0,8326
35	206,1100	0,7860	1,4430	332,3859	333,0258	0,1925
40	207,7800	0,8080	1,4485	327,2463	330,4128	0,9676
45	216,0000	0,7919	1,4453	318,3705	329,9645	3,6417
50	244,6100	0,9681	1,5602	267,5702	264,3246	1,2130
55	255,0000	0,8066	1,4533	332,0602	301,4932	9,2053
60	265,0000	0,9602	1,5513	276,6880	280,9424	1,5376
						1,9258

Tableau A.2.59: Comportement du RNA par rapport à la 3ème partie de la base d'apprentissage.

N°	T _{max} (°C)	d	n	PA(K)	RNA	%Erreur
1	305,0000	0,8310	1,4652	352,9339	362,7597	2,7840
2	305,6700	0,8497	1,4719	359,8237	359,3410	0,1341
3	306,2700	0,8912	1,4896	342,2412	352,2956	2,9378
4	306,8000	0,8770	1,4838	360,1320	354,6608	1,5192
6	323,6700	0,8319	1,4637	367,1793	368,3785	0,3266
7	326,6700	0,9360	1,5212	345,5821	349,2174	1,0519
8	327,7200	0,8756	1,4968	361,0536	358,2970	0,7635
9	333,2200	0,8888	1,5044	360,4257	357,1137	0,9189
11	337,0000	0,8461	1,4742	367,8052	368,3568	0,1500
12	340,3500	0,8806	1,4993	362,4612	360,5378	0,5307
13	340,7700	0,9036	1,5138	357,4625	356,1117	0,3779
14	342,6700	0,8709	1,4842	365,1698	364,6935	0,1304
16	345,0000	0,8400	1,4710	364,5395	372,3511	2,1429
17	352,2500	0,9040	1,5130	361,1760	358,8649	0,6399
18	354,1900	0,9092	1,5156	358,8399	358,4082	0,1203
19	357,6700	0,8425	1,4694	373,7328	376,2979	0,6863
21	361,6400	0,9040	1,5120	363,9720	361,3164	0,7296
22	362,5400	0,8868	1,5004	368,7158	365,4789	0,8779
23	364,6700	0,9671	1,5452	348,5205	351,8928	0,9676
24	366,2300	0,8864	1,5002	369,7174	366,5948	0,8446
26	369,1100	0,9360	1,5108	366,5817	359,4391	1,9484
27	373,0300	0,8880	1,5000	371,5079	368,3329	0,8546
28	374,0600	0,9214	1,5207	363,0386	361,1582	0,5180
29	379,1500	0,9236	1,5218	363,8683	362,0141	0,5096
31	380,8700	0,8845	1,4919	373,9688	372,5197	0,3875
32	383,7800	0,9240	1,5220	365,7134	363,1065	0,7128
33	384,6700	0,8600	1,4820	379,2115	379,6578	0,1177
34	384,6700	0,9742	1,5492	354,0593	354,8602	0,2262
36	390,8700	0,8860	1,4980	376,4066	374,3062	0,5580
37	391,4700	0,8602	1,4821	381,2301	381,8489	0,1623
38	392,0700	0,9030	1,5085	374,1021	370,2459	1,0308
39	394,2500	0,8684	1,4862	381,1094	380,5395	0,1495
41	396,2500	0,8868	1,4974	378,1087	375,9651	0,5669
42	402,6200	0,8878	1,4979	379,8803	377,7213	0,5683
43	404,0000	0,8620	1,4820	384,4789	385,7584	0,3328
44	404,2100	0,8664	1,4770	385,2678	386,1163	0,2202
46	407,7400	0,8640	1,4830	385,3225	386,4632	0,2960
47	410,5200	0,8666	1,4833	385,7452	386,8867	0,2959
48	411,6300	0,8690	1,4855	388,5719	386,3790	0,5644
49	412,9300	0,9070	1,5142	363,4720	374,8564	3,1321
51	413,6000	0,9116	1,5108	379,5315	374,9600	1,2045
52	415,5900	0,8720	1,4870	385,6855	386,8782	0,3092
53	416,0200	0,8900	1,4980	383,4786	381,6640	0,4732
54	416,8800	0,8480	1,4720	432,6708	394,7564	8,7629
56	419,6900	0,8726	1,4863	383,3419	388,3108	1,2962
57	422,5400	0,8920	1,4980	392,3588	383,4708	2,2653
58	424,1400	0,8730	1,4865	370,0273	389,7115	5,3197
59	425,6700	0,9001	1,5002	362,9143	382,6836	5,4474
61	428,9800	0,8724	1,4852	364,0400	391,7468	7,6109
62	433,1000	0,8744	1,4872	375,1729	392,3727	4,5845
63	433,2000	0,8448	1,4694	415,4729	401,3993	3,3874
64	433,5200	0,8646	1,4803	405,6699	395,7299	2,4503
66	439,8100	0,8768	1,4874	387,7289	394,1993	1,6688
67	440,1800	0,8738	1,4859	396,2992	395,1782	0,2829

suite du Tableau A.2.59

N°	T _{mav} (°C)	d	n	PA(K)	RNA	%Erreur
68	442,4100	0,8776	1,4878	403,5454	394,8608	2,1521
69	463,6900	0,8798	1,4869	401,4215	401,9035	0,1201
71	481,2400	0,9100	1,5040	408,3083	398,9166	2,3001
72	485,5400	0,8860	1,4890	414,8332	407,6765	1,7252
73	486,2700	0,9180	1,5090	399,4918	398,147	0,3366
74	502,7800	0,8750	1,4865	407,2719	415,4358	2,0045
75	523,8900	0,9240	1,5090	408,6798	409,7523	0,2624
Erreur Moy		Erreur Max	Erreur Min			
1,4057		8,7629	0,1177			

Tableau A.2.60: Mesure des performances en généralisation du réseau sur la base de test.

N°	T _{mav} (°C)	d	n	PA(K)	RNA	%Erreur
5	311,5000	0,8343	1,4690	354,5330	363,5197	2,5348
10	336,9700	0,8980	1,5100	355,6537	356,2876	0,1782
15	344,6700	0,9568	1,5366	344,7041	349,6451	1,4334
20	359,7500	0,8530	1,4798	371,6852	373,2387	0,4180
25	367,8800	0,9180	1,5190	361,5622	360,2625	0,3595
30	379,1500	0,8612	1,4836	376,1921	377,3433	0,3060
35	388,7800	0,9182	1,5172	369,3354	365,8370	0,9472
40	394,7300	0,8532	1,4766	384,3688	385,2974	0,2416
45	405,3900	0,9204	1,5172	371,4124	370,1310	0,3450
50	413,1500	0,8978	1,5029	381,3616	378,4831	0,7548
55	416,9600	0,8700	1,4860	357,7846	387,9034	8,4181
60	427,1700	0,8568	1,4764	412,6225	395,7746	4,0831
65	434,0400	0,8732	1,4856	391,0747	393,2494	0,5561
70	478,3200	0,9178	1,5089	377,0863	395,4934	4,8814
						1,8184