

LE MODELE DU RESEAU NEURONAL : UN ESSAI DE CLASSIFICATION DES FORMES D'AUTO-ORGANISATION RETICULAIRES ¹

CHRISTOPHE ASSENS

*Allocataire de recherche
Université Paris Dauphine
Centre DMSP.*

RESUME.— *Cet article expose un cadre théorique permettant d'intégrer la diversité des réseaux d'entreprises auto-organisées à l'aide du modèle de réseau neuronal. Après avoir défini les propriétés fondamentales des neurones du cerveau humain, nous présentons une classification des formes d'architecture des réseaux de neurones, dans quatre grandes catégories. Cette typologie est établie d'une part, en fonction du rôle des neurones, (si l'un d'eux tient une place centrale dans le cheminement de l'information, on parlera de réseau supervisé dans le cas contraire, on parlera de réseau non supervisé) et d'autre part, en fonction de la nature des liens entre ces neurones (si les neurones partagent la transmission d'une même information, on parlera de réseau non compétitif, par contre si les neurones transmettent simultanément en parallèle le même message, on parlera alors de réseau compétitif). A partir de cette classification, on présente les correspondances existant entre les organisations sociales et les types de réseaux neuronaux.*

¹ Cet article intitulé " Le modèle du réseau neuronal : un essai de classification des formes d'auto-organisation réticulaire, a été initialement publié en 1994 sous forme de cahier de recherche du DMSP à l'Université Paris-Dauphine (n°233). Cette version a ensuite été améliorée dans une autre publication, sous la référence : " Réseau neuronal et réseau d'entreprises ", Revue Française de Gestion, Mars-Avril-Mai 1997, n°113, 5-13.

INTRODUCTION :

Les organisations vivent au sein d'un environnement de plus en plus complexe. La globalisation des marchés, la concentration de la concurrence, l'instabilité des changements démographiques et économiques contribuent à modifier en permanence les points de repères traditionnels. Dans ce contexte, la plupart des firmes doivent adopter des comportements paradoxaux, elles sont obligées d'offrir à la fois un produit standardisé sur toute la planète, et ensuite, de l'adapter aux exigences de chaque région ou aux spécificités de la demande locale. Elles souhaitent proposer un produit ou un service, à partir d'une gamme de choix élargie, tout en bénéficiant des avantages de spécialisation. Elles sont contraintes de posséder une taille suffisante pour générer des ressources à l'échelle internationale, mais en même temps elles doivent aussi profiter des capacités de flexibilité et d'adaptation conférées aux petites structures.

Dans cet univers complexe, Daft et Lewin (1993) constatent l'apparition de nouvelles formes d'organisation². Ces nouvelles organisations rompent avec la notion traditionnelle de contrôle bureaucratique ; elles disposent d'une taille hybride entre la firme géante et la PME ; elles parviennent à impliquer le personnel, à la fois sur le plan cognitif et émotionnel, dans des équipes auto-dirigées ; leurs structures reposent sur des relations d'interdépendance avec les autres firmes ; leur mode de management consiste à gérer des changements processuels et des relations entre acteurs, bien d'avantage que d'imposer des procédures de contrôle formelles, et de veiller au respect des règles établies.

Daft et Lewin (1993), s'accordent à penser que ces nouvelles organisations prennent la forme d'une société réticulaire, d'une entreprise structurée en réseau, fondée sur le principe d'autorégulation. Elle serait susceptible de percevoir et de gérer par elle même les changements de l'environnement. Dans la recherche en gestion, il n'existe pas de cadre théorique pour définir ce type d'entreprise. Après avoir introduit le concept de réseau neuronal, nous utiliserons ce cadre de référence théorique, afin de réaliser une typologie des

² DAFT R.L et LEWIN A.Y, (1993), "Where are the theories for the "new" organizational forms ? an editorial essay", **Organization Science**, vol 4, n°4, 1-6.

formes d'entreprises en réseau, dont le mode de fonctionnement repose sur le principe d'auto-organisation.

LE RESEAU NEURONAL : CONCEPT ET APPLICATIONS

Un réseau de neurones représente un ensemble de neurones reliés entre eux par des synapses. Les neurones sont des unités nerveuses de base composées d'une cellule et d'un noyau. Les neurones ont la propriété de toutes les cellules vivantes ; ils sont autosuffisants ; ils peuvent de manière autonome se régénérer dans leur milieu biologique ; ils possèdent l'ensemble des attributs métaboliques des cellules, ils puisent leurs ressources énergétiques dans leur milieu naturel ; ils métabolisent ces ressources (ils transforment ces ressources énergétiques en une autre quantité d'énergie) et ils restituent cette énergie transformée. Les neurones se distinguent des autres cellules car ils ont des axones. Les axones sont des câbles, des fibres nerveuses qui conduisent l'influx nerveux. Chaque neurone est relié aux autres neurones par des connexions nerveuses : les synapses. L'ensemble des neurones et des connexions constitue le réseau.

La particularité de ce réseau réside dans son autonomie de fonctionnement. En effet, l'homme n'agit pas directement sur ces réseaux pour superviser les tâches ou pour en contrôler le fonctionnement. C'est un réseau dit "intelligent" qui possède la propriété d'autoadaptation. Grâce à cette propriété, le réseau neuronal du cerveau humain est capable d'apprendre et de mémoriser des schémas de façon autonome, sans l'intervention d'un pilote. On appelle cela un réseau auto-organisé.

Le réseau neuronal auto-organisé est basé sur cinq caractéristiques fondamentales que l'on retrouve par analogie dans toutes les entreprises en réseau autonomes. Le réseau de neurones est dynamique ; il dispose d'une capacité de reconfiguration de sa structure au cours du temps (un même réseau peut assumer plusieurs fonctions sans modifier le nombre de ses éléments). Le réseau de neurones est émergent ; la forme de sa structure émerge des interactions locales entre neurones voisins. Le réseau de neurone est constitué d'éléments autonomes ; les neurones sont des cellules vivantes, indépendantes les une des autres. Le réseau de neurones est auto-organisé; il n'est pas piloté par un neurone central ; le pouvoir est distribué sur l'ensemble des cellules et il n'existe pas de pilote prédéterminé ni de pilote permanent sur le

long terme. Le réseau de neurone se comporte comme un système non linéaire, complexe de transmission de l'information par rétropropagation.

Le réseau neuronal a toutes ces propriétés, mais il présente différents types d'architectures, en fonction du rôle attribué aux neurones et en raison du mode de propagation de l'information. A titre d'exemple on peut dire qu'il existe des neurones codant l'intensité d'un signal, d'autres servant de relais à la transmission des informations, et certains autres sont susceptibles d'orienter les flux d'informations. Ces neurones opèrent dans des structures à "mémoire circulante", ou dans des circuits réverbérants ou encore dans des circuits calculant une fonction de corrélation.

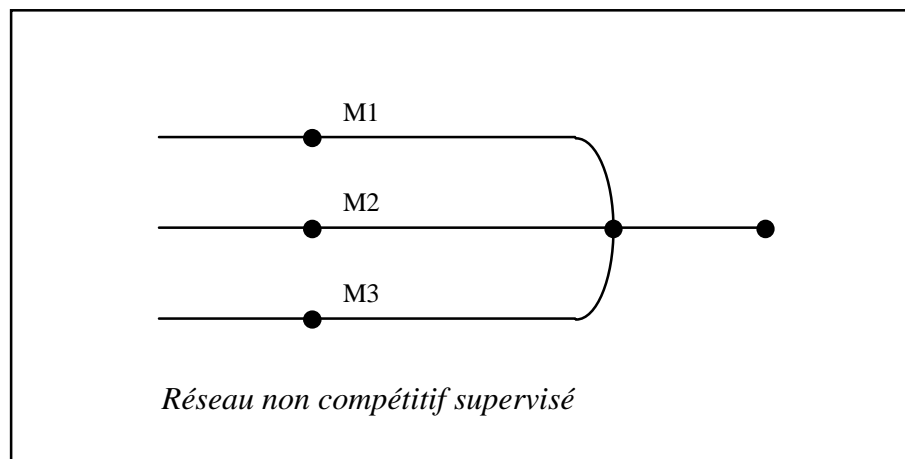
Par souci de simplification, nous allons considérer uniquement quatre types d'architectures dans cet article. On définira chaque réseau de neurones d'une part en fonction du mode de régulation affectant le réseau (supervisé / non supervisé), c'est à dire si un neurone concentre, ou non, la totalité des informations transmises, et d'autre part en fonction du mode de développement du réseau (compétitif / non compétitif), en identifiant si les neurones du réseau sont substituables (concurrents) ou complémentaires (non concurrents) au cours du processus de propagation d'un message. Par analogie avec l'univers des organisations sociales, nous effectuerons le même découpage sur les réseaux d'entreprises. Au cours du processus d'auto-organisation, si une entreprise, ou un individu parvient à détenir momentanément une position dominante vis à vis des autres membres du réseau, on parlera de réseau supervisé, dans le cas contraire on parlera de réseau non supervisé ; si l'ensemble des membres engagés dans la même action collective sont concurrents on parlera de réseau compétitif, dans le cas contraire s'ils sont complémentaires dans la conduite d'un projet commun, on parlera de réseau non compétitif.

LE RESEAU NON COMPETITIF / SUPERVISE :

La forme du réseau neuronal qui met en jeu des neurones complémentaires dans la transmission de l'information (réseau non compétitif) s'appelle un réseau en parallèle. Le réseau en parallèle, présente la configuration d'un ensemble d'influx nerveux disjoints et complémentaires (M1,M2,M3) voyageant en parallèle (figure 1). Dans cette configuration, on

parle de réseau supervisé si tous les neurones sont reliés à un seul et même neurone qui se trouve en bout de chaîne. Celui-ci a une fonction de relais importante, il centralise temporairement l'ensemble de l'information transitant dans le réseau (figure 1). Si l'un des chemins en parallèle disparaissait le neurone central perdrait une partie de l'information de manière diffuse et non de manière radicale.

Figure 1 : le réseau neuronal non compétitif, supervisé.



Dans le monde économique, ce mode d'organisation présente des similitudes avec les comportements à l'intérieur des groupes sociaux. Si l'on rassemble dans une même pièce des individus autonomes tous différents et complémentaires par les fonctions qu'ils occupent au sein de la même entreprise, on constate qu'au gré des interactions, l'un d'entre eux finit par s'imposer aux autres de manière naturelle. Progressivement, il devient le leader légitime du groupe de travail sans avoir été désigné comme tel par le pouvoir hiérarchique et sans utiliser la contrainte ou la force. A partir de ce moment, il sera légitimement chargé de conduire la discussion et de centraliser les informations échangées. Au cours de ce débat improvisé, il assumera notamment la fonction de rapporteur vis à vis de l'extérieur. Le groupe ACCOR³ mène des expériences similaires dans sa propre école de management : l'Académie d'ACCOR. Dans cette institution, le groupe hôtelier organise des séminaires de rencontres

³ MACK M et SCHOCH C, (1992), " L'Open Space d'Accor", **Management et conjoncture sociale**, n°387, 13-17.

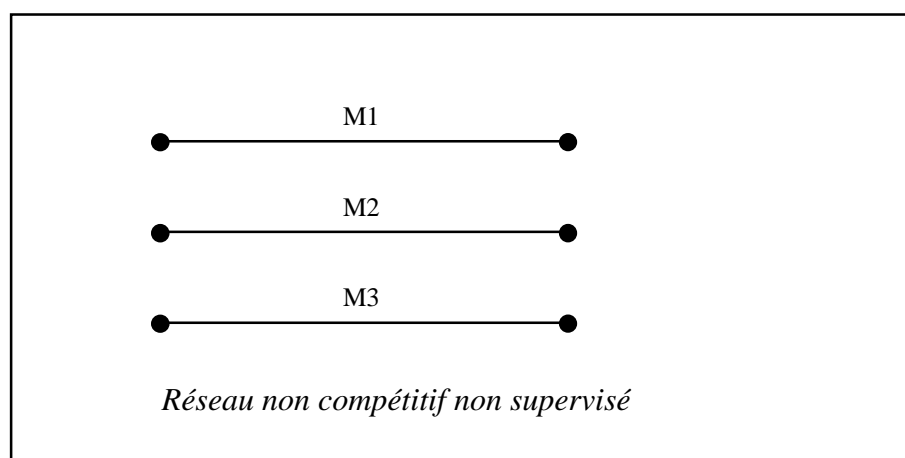
improvisés, ouverts aux cadres de l'entreprise qui souhaitent participer. Il est donné aux participants l'occasion de s'auto-organiser pour mener une réflexion dans la plus grande liberté au sein d'un espace ouvert : "l'Open Space d'ACCOR". Cette expérience menée par le groupe ACCOR s'inscrit parfaitement dans l'étude des processus d'auto-régulations décrits dans ce chapitre, au cours desquels des groupes de travail se forment spontanément. Ces groupes donnent naissance à des débats ; ils permettent de faire émerger une représentation collective par le biais d'un rapporteur.

De cette manière, les cadres du groupe sont susceptibles de partager, ensemble, la même vision d'un problème donné et d'apprendre à gérer, par eux mêmes, les adaptations nécessaires pour le résoudre.

LE RESEAU NON COMPETITIF / NON SUPERVISE :

Le réseau de neurone non compétitif correspond à un circuit d'échanges d'informations au sein duquel, chaque information ($M=M1+M2+M3$) est répartie, simultanément, sur différents chemins parallèles. Chaque neurone est ainsi porteur d'une partie incomplète de l'information (figure 2) . Pour restituer l'intégralité du message il est nécessaire de regrouper l'ensemble des éléments contenus dans chaque neurone. Les neurones sont tous complémentaires au cours du processus de propagation du message dans ce type de réseau. Le réseau est dit non supervisé s'il existe autant de neurones récepteurs que de neurones émetteurs, c'est à dire si aucun neurone ne concentre la totalité de l'information à l'émission ou à la réception.

Figure 2 : le réseau neuronal non compétitif, non supervisé.



La complémentarité territoriale :

Dans la vie des affaires, il existe des situations analogues à celles représentées par le réseau neuronal non compétitif, non supervisé. Il s'agit des situations au cours desquelles les entités d'un réseau sont complémentaires pour mener une action collective, sans que cette action ne soit supervisée intégralement par l'une des entités impliquées.

Par exemple, lorsqu'on analyse le secteur du transport routier régional⁴, on constate que cette activité est gérée par un ensemble de PME locales, indépendantes, implantées dans des régions spécifiques. Ces PME exercent le même métier, le transport de marchandises, mais elles bénéficient d'une complémentarité territoriale. Dans la région où elles sont implantées, elles connaissent, mieux que les autres, les spécificités juridiques, géographiques et techniques du territoire. Pour atteindre une taille suffisante, tout en échappant à la sous-traitance, elles passent des accords de partenariat entre elles. Ce partenariat consiste à prendre en charge le transit des marchandises sur son propre territoire, pour le compte des clients des autres PME. En contre partie, les autres transporteurs routiers régionaux prendront en charge l'acheminement des marchandises pour notre propre compte sur leur territoire respectif. Cette forme d'auto-gestion s'exerce au bénéfice de l'ensemble des participants sans que l'un d'entre eux ne soit en mesure d'imposer sa propre volonté aux autres. Ces accords d'entraide mutuelle permettent d'élargir le champs géographique des activités de chaque transporteur, sans investir dans des agences commerciales et sans immobiliser des ressources financières. Le principal avantage, c'est d'accroître le volume de clientèle de façon à amortir plus rapidement les investissements, et de façon à introduire des économies d'échelle. Cette stratégie de réseau émergent permet à chaque membre de rester indépendant, et à l'ensemble du réseau d'être plus compétitif que d'autres systèmes de fret (bateau, avion, train).

La complémentarité fonctionnelle :

Lorsqu'on observe les comportements des musiciens d'un orchestre de Jazz, on constate que chaque musicien est responsable de son instrument en toute indépendance du voisin, mais avec lequel il doit composer, pour produire une mélodie. Ces musiciens sont autonomes,

⁴ PACHE G, (1990), "Stratégies d'adaptation de la petite entreprise", **Revue française de Gestion**, 52-60.

PACHE G et PARAPONARIS C, (1993), "L'entreprise en réseau", Paris, **Que sais je, Presses Universitaires de France**.

maîtres de leurs instruments, mais complémentaires et interdépendants lorsqu'il s'agit de produire un morceau de musique. Il est étonnant de constater qu'un bon groupe parvient même à créer des thèmes musicaux en l'absence d'un chef d'orchestre, sans pour autant copier le morceau d'un répertoire déjà connu. Ce phénomène se produit notamment lors des séances d'improvisation au cours desquelles les musiciens parviennent à composer une mélodie harmonieuse, sans disposer d'une ligne de conduite et sans avoir pris la peine de coordonner leurs actions au préalable.

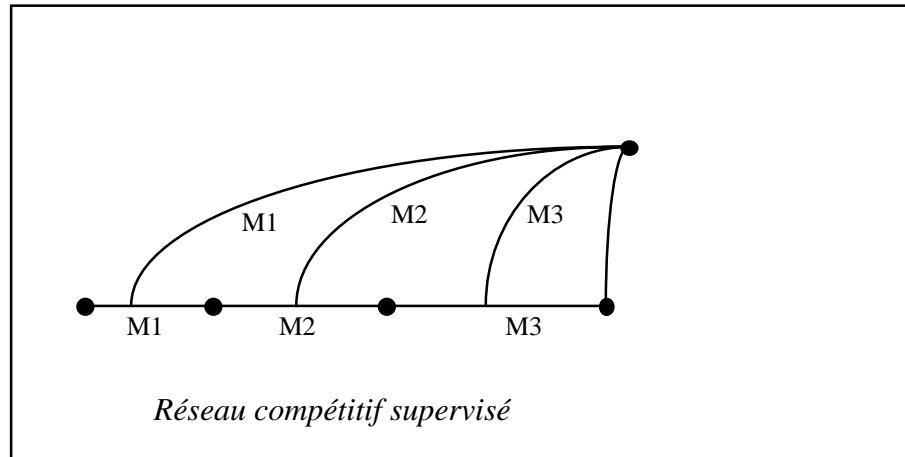
Ce phénomène démontre la faculté d'adaptation permanente des acteurs engagés dans une action collective, malgré la distance qui les sépare. Les musiciens occupent des fonctions complémentaires ; pour produire une mélodie ils devront accorder en permanence leurs sons aux sons du voisin, par des ajustements mutuels, tout en tenant compte de l'orientation globale du morceau qui évolue au cours du temps. Ce processus d'auto-adaptation dynamique est l'une des caractéristiques des organisations marchandes décentralisées, fondées sur la recherche d'une autonomie et d'une complémentarité fonctionnelle entre différentes entités juridiques.

LE RESEAU COMPETITIF / SUPERVISE :

Le réseau compétitif présente l'architecture d'un réseau en dérivation. Le réseau en dérivation est constitué d'une ligne droite raccordée à un chemin en boucle. Pour relier les deux extrêmes le message peut emprunter indifféremment les deux chemins, en même temps. En cas de rupture de connexion sur l'un des deux, l'information sera malgré tout intégralement transmise. C'est une sécurité que l'on retrouve dans de nombreux réseaux, comme dans la structure en anneau du réseau informatique. Dans ce réseau, les neurones véhiculant la même information sont dit concurrents car ils occupent une fonction redondante (figure 3).

Le réseau est dit supervisé, si au cours du processus de propagation de l'information redondante, un des noeuds concentre la totalité des messages transmis, de façon temporaire, en sortie de boucle à l'entrée du circuit ou au cours des échanges.

Figure 3 : le réseau neuronal compétitif, supervisé.



Dans le monde des entreprises, on observe des réseaux semblables au modèle du réseau neuronal compétitif, supervisé. Ces réseaux sont constitués par des centres de décision autonomes et concurrents ; ils sont pilotés de façon épisodique par l'un d'entre eux au cours des processus d'échanges qui les relie. A titre d'exemple, nous allons décrire le cas de l'industrie Italienne artisanale.

Le réseau de la manufacture Italienne repose sur un tissu de PME autonomes et indépendantes entre elles. Les PME interagissent sur la base de rapports de confiance mutuelle pour réduire l'incertitude de leur environnement.

Il n'existe pas de procédure de contrôle formel hiérarchique. Chacun est responsable de soi, la décision est répartie sur l'ensemble des membres. La forme de la structure est dynamique, elle émerge des interactions entre les membres. Pour illustrer ces principes, nous allons traiter de l'exemple de l'industrie manufacturière de la chaussure en Italie⁵. Dans un village Italien, il existe un ensemble de petites entreprises spécialisées dans la chaussure. Elles sont toutes substituables par leur taille et leurs compétences, leur mode de gestion repose sur la logique de clan. Chaque année, un appel d'offre international met ces entreprises en concurrence. A la suite du résultat de l'appel d'offre, une entreprise se détache, mais en raison de sa capacité de production limitée, elle est obligée de sous traiter avec les autres PME. Une structure d'alliances temporaires se met en place jusqu'à l'année suivante où un autre clan se substitue au donneur d'ordre, ce qui implique un nouveau changement dans l'organisation. Ce principe est proche du réseau auto-organisé où chaque membre a la capacité d'être pilote sans pouvoir l'imposer de façon permanente aux autres membres. La fonction de coordination de l'ensemble de la structure émerge des interactions locales des membres concurrents avec leur environnement.

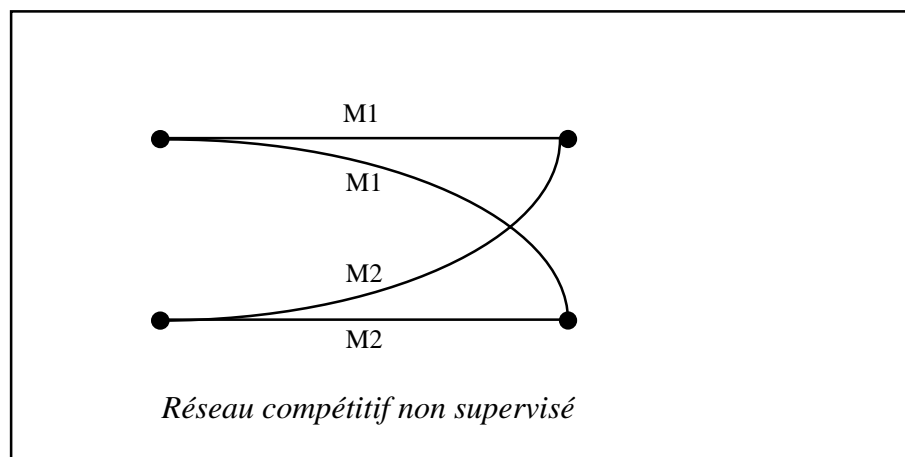
⁵ NEUSCHWANDER C, (1991), "L'acteur et le changement : essais sur les réseaux", Paris, **Editions du Seuil**.

LE RESEAU COMPETITIF / NON SUPERVISE :

Ce type de réseau neuronal est caractéristique d'une structure dans laquelle la même information transite d'un point à un autre par différents chemins en même temps, dans une architecture en dérivation (figure 4). Les neurones sont simultanément concurrents dans le transport de l'information, si l'un d'eux disparaît, l'information sera malgré tout intégralement transmise.

Le réseau est dit non supervisé si aucun neurone ne concentre l'intégralité de l'information transmise dans le circuit, mais si au contraire cette information est répartie de manière diffuse sur l'ensemble des noeuds de la structure.

Figure 4 : le réseau neuronal compétitif, non supervisé.



Le monde de la recherche scientifique présente une situation analogue⁶ à celle évoquée dans ce chapitre. Chaque domaine scientifique est appréhendé par un réseau fragmenté de plusieurs centres de recherches autonomes. Ces centres de recherches sont concurrents, ils essaient d'exploiter les mêmes pistes d'investigation pour atteindre un résultat avant les autres. Aucun d'entre eux n'est en mesure de coordonner l'ensemble des travaux engagés, chacun travaille selon sa propre orientation, en toute indépendance et en toute objectivité.

⁶ CALLON M, (1989), " La science et ses réseaux : genèse et circulation des faits scientifiques", Conseil de l'Europe / Unesco, **Editions la découverte**.

Les centres communiquent régulièrement leurs résultats au travers des publications et au cours des congrès scientifiques. A cette occasion, ils échangent des informations et confrontent leurs méthodes d'investigation à celles des autres institutions. Cette influence mutuelle est une donnée importante qui permet de comprendre comment la recherche avance. Cet échange indirect d'informations stimule les centres dans l'attente d'un même résultat : la production d'un savoir universel généralisable d'origine scientifique. Personne, au cours du processus de recherche, n'est capable de s'appropriier définitivement la totalité du savoir au détriment des autres chercheurs, de même, aucune institution ne centralise la totalité des données de manière à orienter et à coordonner le comportement de l'ensemble des centres. Une connaissance collective finit malgré tout par jaillir de cette situation de désordre apparent.

Un autre exemple de cette situation concerne l'émergence d'une prise de décision collective dans une salle de concert. Chaque spectateur est libre de ses actes et de ses pensées, nul ne pouvant prédire, ce qui va se passer dans sa tête et quelle va être sa décision. A la fin du spectacle, les spectateurs expriment leur joie et applaudissent, il est curieux de constater qu'au début de ce processus chacun applaudit à son rythme "en concurrence" avec le voisin.

De cette cacophonie, une amplification débutera tout doucement, imperceptiblement, se propagera laborieusement avant d'embraser la salle toute entière. L'ensemble des spectateurs finira alors par applaudir en cadence pour provoquer le rappel de l'artiste.

Ce mouvement d'ensemble n'a pas été dicté par l'un des spectateurs, et aucun d'entre eux n'a contrôlé à lui tout seul la cadence des applaudissements. Nul ne sait qui décide, ni où se prend la décision, elle émerge et nul ne peut en expliquer les mécanismes formels à moins de se référer à la physique des structures dissipatives⁷, aux théories mathématiques du chaos et des attracteurs étranges⁸, ou encore aux théories systémiques à l'image de la cybernétique⁹.

⁷ PRIGOGINE I et STENGERS I, (1979), "La nouvelle alliance", Paris, **Gallimard**.

ATLAN H, (1979), "Entre le cristal et la fumée", Paris, **Editions du Seuil**.

ATLAN H, (1981), "Postulats métaphysiques et méthodes de recherche", **Supra**, 113-120.

⁸ THIETART R.A et FORGUES B, (1993), "La dialectique de l'ordre et du chaos dans les organisations", **Cahier n°215 du centre DMSP**.

⁹ " La cybernétique a pour objet principal l'étude des interactions entre systèmes gouvernants (ou système de contrôle) et systèmes gouvernés (ou systèmes opérationnels), dans les milieux régis par des processus de rétroaction (ou feedback négatif)... En d'autres termes, la Cybernétique peut être définie comme la science des mécanismes autorégulés. Elle est donc applicable aussi bien aux processus homéostatiques de l'univers biologique qu'à ceux automatisés de l'autocontrôle des ordinateurs" LUSSATO B, (1992), " Introduction critique aux théories d'organisation : systémique", **op-cit 96**, Paris, **Dunod**.

DAFT R.L et WEICK K.E, (1984), " Toward a model of organisations as interpretation systems, **Academy of Management review**, vol 9, n°2, 284-295.

DRAZIN R et SANDELANDS L, (1992), " Autogenesis : a perspective on the process of organizing, **Organization Science**, vol 3, n°2, 230-249.

CONCLUSION :

Le réseau neuronal nous permet d'introduire à la fois la notion de réseau et le concept d'auto-régulation dont la compréhension nous permet d'appréhender le fonctionnement des entreprises en réseau autonomes. Dans toutes les situations, qu'un membre contrôle l'ensemble du réseau à un moment donné ou que personne n'en soit capable, que les membres soient concurrents entre eux ou qu'ils soient complémentaires, le mode d'organisation en réseau repose sur un principe identique. Il permet de mettre en oeuvre une action collective menée par des entités interdépendantes et séparées par des distances physiques ou immatérielles.

Par ailleurs, l'analyse du principe d'auto-organisation nous révèle qu'il existe des entreprises cohérentes malgré l'absence de fonction de régulation centrale permanente. Face aux problèmes actuels des entreprises, il semble intéressant d'explorer ces voies de recherches qui mettent en valeur des processus de comportement complexes (non linéaires et récurrents) adaptés à l'incertitude et à l'instabilité de l'environnement d'aujourd'hui. Cet article s'inscrit dans cette problématique, il présente un nouveau paradigme d'analyse des différents modes d'auto-organisations en réseau à partir du modèle de réseau neuronal. Le tableau n°1 présente la synthèse des résultats observés.

tableau n°1 : un essai de classification des formes d'auto-organisation en réseau.

	supervisé	non supervisé
non compétitif	LE RESEAU DE L'OPEN SPACE D'ACCOR	LE RESEAU DES TRANSPORTEURS ROUTIERS REGIONAUX
compétitif	LE RESEAU DE LA MANUFACTURE EN ITALIE	LE RESEAU DES CENTRES DE RECHERCHE

