

LE CERVEAU NOUVELLES DONNES

Denis FOUCAMBERT

La lecture du livre d'Israel ROSENFELD "**L'invention de la mémoire. Le cerveau : nouvelles donnes**" (Éd. ESCHEL) est intéressante dans la mesure où, faisant le point sur ce que l'on sait actuellement du cerveau, son auteur apporte un éclairage sur ce qui peut se passer dans la "boîte noire" au cours de la lecture.

Denis FOUCAMBERT présente les parties de cet ouvrage traitant spécialement de cet aspect.

Le cerveau est un système biologique.

Il n'est compréhensible qu'à l'aide de principes biologiques, et non grâce à des croyances moyenâgeuses.

La biologie a une démarche relativement limpide. Tout commence par l'observation de faits isolés, bientôt mis en relation et qui exigent l'élaboration d'une théorie organisant ces observations. On crée ainsi un modèle où le plus de faits devront s'intégrer. Une fois le modèle admis par la communauté scientifique, si de nouvelles observations ne s'intègrent pas au modèle, on remet d'abord en cause l'expérience.

Jusqu'à présent, il existe un modèle dominant dans le fonctionnement du cerveau, issu des premières expériences datant de la fin du XIX^{ème} siècle. À l'autopsie des sujets atteints de paralysie des membres, on s'est rendu compte que certaines parties du cerveau étaient atteintes, toujours les mêmes pour les mêmes troubles. L'idée avancée fut, tout naturellement, que certaines parties du cerveau commandaient telles ou telles parties du corps. Au fur et à mesure des observations (paralysie, autopsie, conclusions), on a affiné la théorie en isolant les lobes responsables du fonctionnement de tous les organes. Ainsi, on connaît maintenant, outre les parties proprement motrices, les lobes responsables de la vision, de l'audition, etc. En 1861, Paul BROCA montra que la perte de la parole était due à une petite lésion du cerveau gauche. On découvrit par la suite, d'autres centres du langage, chacun possédant un pouvoir spécifique. Le modèle fut jugé assez cohérent et fiable par la communauté scientifique pour être admis et donc étendu à toutes les fonctions pour lesquelles on n'avait pas encore déterminé de zones. On a donc parlé, sans les connaître, de l'existence de zones de la pensée, ou de la logique ; on a avancé des hypothèses pour expliquer le fonctionnement du cerveau pendant une opération de compréhension du langage. Et pour que ces explications restent cohérentes avec le schéma initial d'un cerveau compartimenté en zones bien distinctes, il a fallu faire preuve d'imagination. On a donc créé, sans les avoir jamais repérées, plusieurs zones, dont une zone motrice auditive, une zone d'image visuelle des mots ou encore un centre des images verbales. Ainsi, pendant une conversation, les mots passent par les oreilles où les fréquences sont codées en signaux électriques et transmis à la zone auditive. À ce point, aucune construction de sens n'a encore eu lieu. Elle se fait grâce à la comparaison entre les signaux auditifs et ce qu'il y a dans la zone du "vocabulaire" qui permet la reconnaissance des

mots par comparaison. Ce qui signifie que la compréhension ne peut se faire que si le signal est déjà connu, s'il a été appris. Le cerveau fait un travail proche de celui d'un ordinateur, un travail de reconnaissance de données acquises par apprentissage. Bref, apprenons avant de comprendre.

Arrêtons-nous un instant sur les conséquences de cette conception et, en particulier, sur le rapport entre les théories localisationnistes et les méthodes "syllabiques" d'enseignement de la lecture. La revue "Sciences et vie", a proposé à ses lecteurs un numéro spécial sur l'échec scolaire. Un neurologue, le docteur Gisèle GELBERT, a écrit un article sur l'illettrisme. Le postulat est clair : *"La méthode syllabique, recouvrant la disposition du cerveau à syllaber, nous paraît le mieux convenir à la structure normale de nos fonctions linguistiques..."* *"Après être partis de la pathologie pour dire que ces troubles ne sont que l'altération d'une fonction normale, qui peut être congénitalement déficiente, nous allons parler de la seule méthode syllabique."* Ou encore : *"Les anomalies congénitales, les maladies (les processus désintégrateurs) sont malheureusement fréquentes et il faudrait considérer la fonction linguistique comme aussi exposée que la fonction digestive ou la fonction respiratoire à présenter une pathologie. Certains neurologues ne considèrent-ils pas le cerveau comme un ensemble de cases bien compartimentées, l'une s'occupant du foie pendant que l'autre prendrait en charge la "fonction linguistique" ?"*

Le schéma fourni à l'appui (schéma 1) montre les liaisons entre les différentes sous-parties de la fonction linguistique. Un ensemble de chemins possibles pour le traitement de l'information y est décrit. Par exemple : *"Le proposé oral entre dans le compartiment moyen par le circuit afférent n°1 et pénètre dans la représentation mentale-orale où il est soumis à la recherche d'adéquation. La fidélité de cette recherche d'adéquation peut être testée par la répétition, issue par le circuit n°2, donnant la réalisation phonatoire, laquelle devient un nouveau proposé oral, "propre", cette distinction pouvant être soit volontairement marquée, soit involontairement..."*

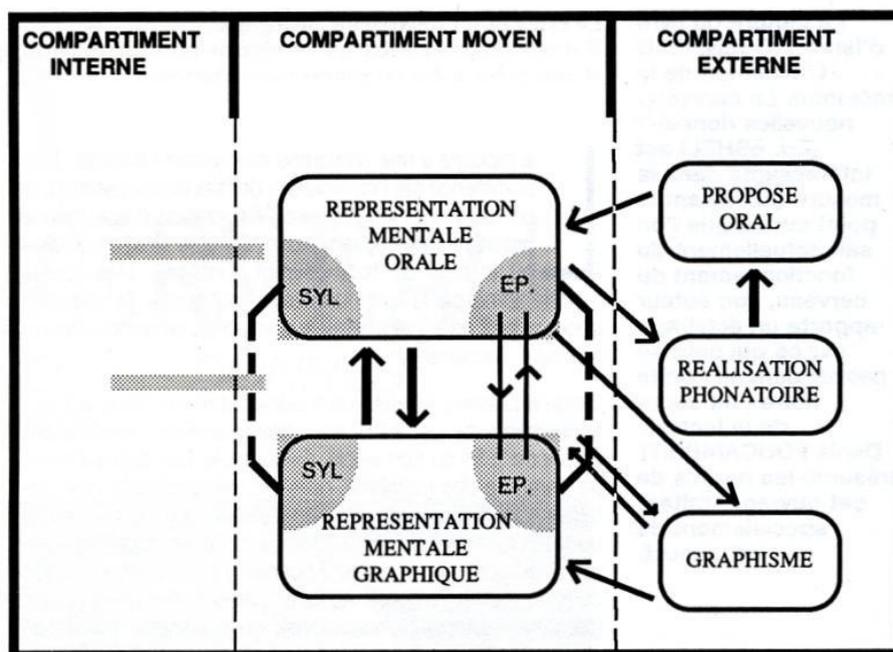
Indépendamment des problèmes de vulgarisation qui desservent, si besoin était, les thèses présentées, il est évident qu'un tel modèle du traitement de l'information ne fait aucun cas du contexte dans lequel l'information est traitée (elle est considérée comme valeur absolue) et se rapproche fort d'un traitement informatique de données. Or, c'est justement cela que les thèses plus "globalistes" réfutent. Ainsi, les méthodes syllabiques conviendraient le mieux à l'apprentissage de la lecture puisqu'elles respecteraient les étapes de l'apprentissage nécessaires à un cerveau structuré en "cases", dans lequel il faut préalablement "entrer" des données pour ensuite accéder à la compréhension.

Pour qu'il n'y ait aucun doute, le docteur Gelbert finit son article sur cette analogie : *"Il faut en premier lieu que l'enfant ait une bonne paire de jambes pour désirer danser, pour apprendre à danser et pour pouvoir exécuter les figures plus artistiques."*

Aujourd'hui, de nouvelles théories sont en train de naître devant la nécessité d'expliquer un certain nombre de processus par ailleurs découverts. Ces nouveautés ne réfutent pas en totalité la localisation des fonctions cérébrales, mais elles permettent une nouvelle approche de la façon dont le cerveau traite les informations qui lui sont fournies. Si la spécificité des zones motrices n'est pas remise en cause, il n'en va pas de même de la localisation du traitement et de la compréhension des informations. Ainsi, on ne comprendrait pas une conversation en

comparant les mots avec ceux stockés dans la zone correspondante, mais en recréant le sens à chaque instant. Le cerveau n'applique pas, il crée.

Ces nouvelles théories, comme celle du docteur EDELMAN (prix Nobel de médecine 1972), mettent la fonction cérébrale, ainsi que sa structure, en relation avec le contexte et le passé, et non avec des fonctions localisées et des souvenirs fixes. L'idée principale est que, dans le cerveau, **l'unité de base qui sélectionne correspond nécessairement à un groupe neuronal, à un jeu de neurones fonctionnant simultanément.**



Représentation schématique de la fonction linguistique chez l'homme adulte qui rend compte des étapes de réception, de traitement et d'émission d'un message oral ou écrit.
(in science et vie n° 164, septembre 1988)

Ces groupes neuronaux étant d'une très grande variété. Les stimuli provenant de l'extérieur peuvent amener un groupe à répondre plus activement que d'autres ayant reçu le même influx. Les expériences menées en laboratoire montrent que les connexions entre les neurones de ces groupes peuvent être renforcées. De la même manière, il est possible à un groupe de modifier l'intensité de ses liaisons avec d'autres groupes et de les intégrer dans sa propre activité de réponse.

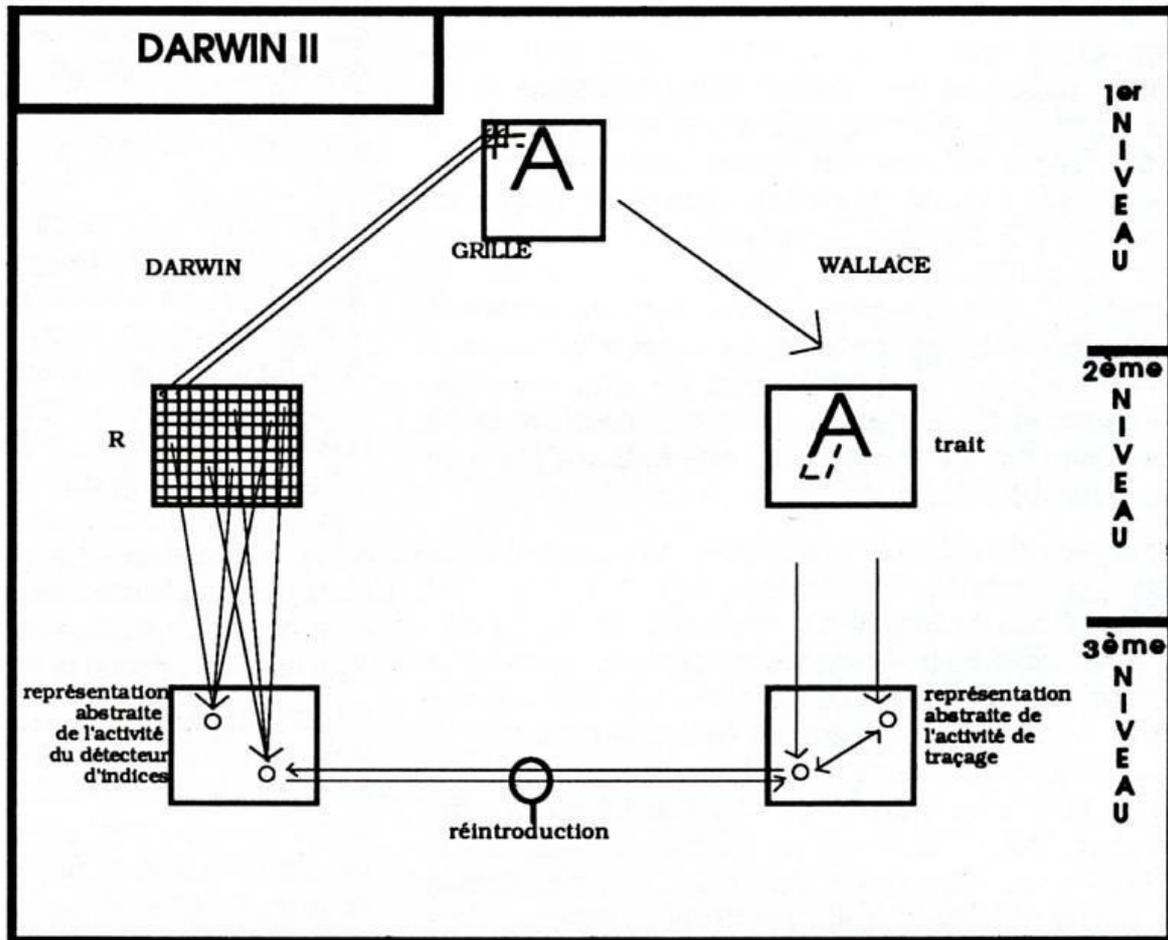
Le cerveau réalise cette organisation en utilisant des CARTES constituées de groupes neuronaux. Une carte rassemble plusieurs de ces groupes de manière à préserver le schéma des relations qui unissent soit une couche de récepteurs sensoriels (tels que ceux de la surface cutanée de la main) et une couche de tissu nerveux cérébral recevant les stimuli sensoriels, soit deux couches de tissus nerveux entre elles. Pour affronter des événements qu'il ne peut prévoir, le cerveau s'efforce de cartographier les stimuli de différentes manières. Les cartes cérébrales trient les stimuli afférents en fonction de leurs similitudes et en combinant leurs propriétés.

En 1983, à l'Université de Californie on découvrit qu'il existait des différences considérables parmi les cartes sensorielles des cerveaux de singes et que, pour un singe donné, elles se modifiaient dans le temps.

L'information qui parvient au cerveau est répartie en de multiples cartes, et pour qu'il y ait catégorisation, il doit exister entre elles une interaction permanente. Les sons, par exemple, peuvent appartenir aux catégories de la parole, de la musique, ou du bruit, ou bien encore ils peuvent servir à localiser des objets dans l'espace... Des recherches récentes mettent en évidence que la localisation d'objets nécessite une interaction entre plusieurs de ces cartes. Les chouettes, comme les humains, se servent des sons pour localiser leur proie. Les temps de latence entre les deux oreilles et l'intensité sonore sont les principales indications sensorielles. Deux cartes sensorielles différentes, correspondant respectivement à l'oreille droite et à l'oreille gauche, représentent les fréquences qu'elles reçoivent. Ces représentations se combinent ensuite dans une autre carte au moyen de laquelle les temps de latence d'une fréquence donnée sont comparés entre eux. Les sons qu'émet une souris dans un champ sont ainsi **classés par catégories** en fonction des temps de latence qui permettent de localiser la source sonore. Des groupes neuronaux spécifiques ou des neurones appartenant à une carte peuvent être activés par un décalage de l'ordre du 1/1000 de seconde. L'activité des neurones, à elle seule, ne révélera pas la source sonore mais la totalité du schéma d'activité de la carte et la manière dont les autres neurones sont également activés la lui représenteront. Ce schéma devra être extrait d'une cartographie ultérieure. En dernier lieu, la cartographie ayant localisé la source sonore est connectée à une carte visuelle, créée à partir des récepteurs visuels de la chouette. La carte visuelle est ainsi reliée à une carte dont les catégories destinées à l'entrée sensorielle auditive consiste à situer les sons dans l'espace. En reliant les deux modalités sensorielles, le cerveau de la chouette crée une carte générale (auditive et visuelle) de l'espace et la rend apte à répondre à des afférences variées.

Le cerveau se dote de nombreux types de cartes, et il en constitue beaucoup d'autres à l'origine de multiples catégories destinées aux afférences. Le rôle des cartes est la création de catégories perceptives qui permettront à l'animal d'agir de manière appropriée. Les environnements auxquels il est confronté se modifient et ces modifications affectent les catégories perceptives. Telle est précisément la fonction de ces multiples cartographies : interagir au moyen de cartes réorganisant constamment l'information. EDELMAN a démontré que les cartographies peuvent être reliées entre elles en l'absence d'instruction préalablement établie. En rapportant les schémas opératoires aux cartes sensorielles primaires, qui entretiennent une relation continue avec les stimuli externes, le cerveau peut efficacement suivre les progrès de ses divers regroupements d'entrées sensorielles.

EDELMAN et son équipe ont créé un automate qui permet une nouvelle simulation de reconnaissances automatiques. **Le but de cette machine, DARWIN 2 (contenant les réseaux Darwin et Wallace), est de montrer que la perception des formes n'implique pas la détection d'indices, mais que ceux-ci constituent le fondement de catégories perceptives diverses.** Des groupes du troisième niveau (schéma 2) connectés à plusieurs groupes du précédent niveau sont à l'origine de réponses qui représentent, au moyen d'une abstraction, l'ensemble des schémas d'activité de ce deuxième niveau. Le troisième niveau échantillonne les caractéristiques des objets (sur le schéma, il s'agit de la lettre A), chaque échantillonnage étant indépendant. Le deuxième réseau, connu sous le nom de Wallace, utilise un mécanisme de traçage analogue à celui de la main pour déterminer les contours ainsi que la continuité d'un objet. Les caractéristiques détectées par le réseau Darwin sont corrélées avec celles détectées par "Wallace".



Les schémas d'activité des niveaux inférieurs gauche et droit représentent respectivement les abstractions de l'activité des niveaux intermédiaires de Darwin II et de Wallace. Ainsi, à tout moment, le schéma d'activité du niveau inférieur gauche offre une représentation abstraite de l'activité du détecteur d'indices de Darwin II. De la même manière, l'activité du niveau inférieur droit offre une représentation abstraite de l'activité de traçage (limite et continuité) de Wallace. L'activité simultanée des deux niveaux inférieur renforce les connexions entre les groupes actifs de chaque système. Ces connexions renforcées sont appelées réintroductions et elles permettent l'apparition de la **GENERALISATION**.

Source : adaptation du travail de Reeke G.N.Jr., Edelman G.M., "Selective networks and recognition automata", *Annals of the New-York Academy of Sciences*, 1984; 426 : 189.

Le système Darwin (analogue au système visuel) peut détecter les angles et tous les types de lignes orientées et cartographier ces informations de différentes façons dans le troisième niveau. Dans le même moment, le réseau Wallace (comme le système tactile) est sensible à la présence de lignes et de jonction de lignes. Il réagit de même façon à un A vertical et à un A couché. Comme dans le réseau Darwin, ces tracés sont abstraits dans un troisième niveau, qui représentent différents schémas du mécanisme de traçage. Puisque les troisièmes niveaux sont inter-connectés, une nouvelle propriété du système apparaît. Un groupe actif "d'abstraction d'indices" entraînera le renforcement des connexions d'un groupe actif de "corrélacion d'indices" et associera de ce fait les deux réponses. **Cette association de différents types de cartographie cérébrale permet la généralisation. Et c'est précisément sur cette association de cartes et d'appariement de cartes cérébrales par la sélection, continue que repose, selon EDELMAN la capacité du cerveau à généraliser.**

Il y a cependant différents niveaux de cartographies qui ne sont pas complètement élucidés. Comment l'organisme décide-t-il que certains sons représentent des mots et d'autres des

cornes de brume ou des miaulements de chats ? De manière très générale, la compréhension ou l'émission des mots et des phrases résultent d'interactions entre de nombreuses cartes et ensembles de cartes du niveau supérieur. Le cerveau opère d'abord sur des schémas sonores qu'il constitue en mots au moyen de généralisations (association de toutes sortes de cartes qui permettent, ensemble, de créer du sens à partir, d'une part, des stimuli et, d'autre part, de l'expérience et du contexte) et de catégories. Les façons dont il procède influenceront sur la constitution ultérieure des cartes verbales. Ce que l'on peut dire, c'est qu'il n'y a pas de répartition des tâches en formation de phonèmes et de mots. Il est, par exemple, impossible de séparer la tâche de dériver des mots à partir de phonèmes et celle d'étudier la conjugaison des verbes au passé. La production des mots fait véritablement partie intégrante de celle des temps du passé. L'activité cérébrale dans son ensemble (création de cartes et réintroductions) représente l'information.

Le même type de raisonnement conduit Israel ROSENFELD à montrer que la mémoire n'est pas la représentation exacte d'une image dans le cerveau, mais une activité cérébrale produisant de nouvelles catégories. En voici un exemple : *"Un espion présent dans une salle de concert peut vouloir localiser la femme qu'il vient d'entendre dire : "demain, NEUF heures" et souhaiter apprécier l'air de "Casta Diva" interprété par la cantatrice. Un ensemble de cartes cérébrales localisera la personne qui a dit "neuf heures", alors qu'un autre lui permettra d'écouter, pour son propre plaisir, "Casta Diva". Son cerveau a procédé au classement des sons en différentes catégories, conformément à ses besoins adaptatifs : le devoir et le plaisir. Un peu plus tard dans la soirée, il se peut que l'espion constate qu'il a oublié le visage de la femme qu'il espionnait pendant le concert. Contrarié, il fredonne la mélodie de "Casta Diva" et il est très surpris de s'apercevoir que, dans son imagination, l'air est chanté par la femme qu'il filait."*

Il y a eu production d'une nouvelle catégorie parce que les connexions entre les groupes neuronaux de différentes cartes ont été temporairement renforcées. L'opération qui consiste à classer objets ou événements dépend autant du mouvement que de la sensation, et cette compétence est acquise au cours de l'expérience. Nous nous souvenons de l'information dans différents contextes; cela nécessite l'activation réciproque de différentes cartes selon d'autres modalités que lors de notre rencontre initiale avec l'information créatrice de nouvelles catégories. Aussi, nous n'emmagasinons pas simplement des images ou des éléments, mais nous nous enrichissons de la capacité d'opérer au moyen de nouvelles catégories cohérentes entre elles.

Ne pouvant admettre que les souvenirs fragmentaires le soient réellement, FREUD leur attribue un caractère de permanence. En substituant aux souvenirs fixes la notion de mémoire génératrice de catégories, la théorie d'EDELMAN rompt avec la pensée d'autrefois et ouvre la voie à une conception plus vaste et plus profonde de la psychologie humaine, le pouvoir d'invention de la mémoire. L'intelligence humaine ne consiste pas uniquement à accumuler des connaissances, mais à remanier, à créer de nouvelles catégories et par conséquent, à généraliser l'information sous des formes neuves et inattendues.

La théorie d'EDELMAN, sous sa forme actuelle, s'intéresse d'abord à la formation de catégories perceptives. Le problème des fonctions supérieures n'est pas envisagé, bien que, selon ce chercheur, la théorie pourrait être étendue afin de les inclure. Ainsi qu'il le soutient, la formation de catégories perceptives n'est pas réductible à quelques simples mécanismes physiologiques ou à des règles. Il apparaît au contraire que la complexité et la variabilité des processus opératoires nécessaires à la catégorisation découlent de nombreux schémas

opératoires obéissant aux principes de sélection décrits dans cette théorie. Une réinterprétation des données cliniques semble nécessaire, qui expliquerait que les fonctions mentales supérieures sont incompatibles avec des processus opératoires n'évoluant pas. En effet, cette théorie s'intéresse précisément aux points mêmes - la catégorisation et la généralisation - qui sont constitutifs de toute compréhension de la fonction mentale supérieure. Ainsi, alors que la théorie d'EDELMAN ne s'intéresse pas, de prime abord, à la fonction mentale supérieure, il n'est pas difficile d'imaginer comment nous pourrions en étendre la portée afin de comprendre les fondements neurophysiologiques du langage. Le langage est évidemment acquis en société, mais notre aptitude à l'utiliser, pour continuellement repenser le monde qui nous entoure, est au moins en partie le reflet des cartographies de tous ordres dont procède visiblement la fonction cérébrale.

La théorisation de ces expériences rejoint d'autres analyses que ce soit en psychologie ou en sciences sociales, l'observation du comportement d'un sujet amène bien souvent à envisager un fonctionnement cérébral proche de celui qui est décrit ici et bien éloigné de la sacro-sainte théorie des localisations. Il ne fait aucun doute que celle-ci cautionne des explications dont on voit, dans la pratique, toute l'insuffisance. Cette nouvelle approche du fonctionnement du cerveau, outre ses qualités spécifiques, permet que les problèmes se posent autrement sans apporter pour autant de réponses définitives.

Il n'est pas utile de développer ici les analogies qui peuvent exister entre la théorie d'EDELMAN et les positions de l'AFL sur les problèmes techniques de la lecture. Chacun pourra le faire en mettant en relation ce que la lecture suppose comme activité cérébrale et ce que l'activité cérébrale nécessite comme fonctionnement de nos petites cellules grises. Les récentes défenses et illustrations de méthodes qui ont pourtant fait la preuve de leur inefficacité sont peut-être les derniers soubresauts de théories dépassées.

Denis FOUCAMBERT