

Un bruit précieux

Les pilotes d'avion détournent des informations.

Au début du xx^e siècle, Frederick Taylor pensait que la planification rigide des gestes et des comportements au travail augmentait l'efficacité. Il a eu de nombreux successeurs. Toutefois, l'homme qui travaille crée des usages imprévus à ses outils. Les pilotes de ligne, par exemple, utilisent des informations qui ne leur sont pas destinées, pour accroître la sécurité de leur pilotage.

Pendant un vol, un pilote de ligne est en contact radio permanent avec un

qui lui sont adressés. Un projet d'amélioration de la sécurité des vols repose sur la numérisation de ces communications : le bruit de fond serait supprimé, afin d'améliorer les conditions de travail des pilotes.

Ce bruit de fond contient toutefois des informations auxquelles les pilotes n'ont pas accès autrement dans leurs cockpits. Chaque pilote laisse ainsi en permanence «traîner une oreille» et obtient des informations sur le trafic et sur le contrôle ; il les utilise pour construire une représentation de l'espace aérien où il évolue. Les instructions du contrôleur sont alors replacées dans leur contexte. Elles sont plus intelligibles et leur justification apparaît : les pilotes les mettent en œuvre plus efficacement. En outre, de nombreuses informations extraites de ce flot de paroles permettent aux pilotes d'anticiper sur la suite du vol : à la vitesse des avions, anticipation est synonyme de fiabilité. Loin d'être de simples exécutants d'ordres émis par ceux qui ont

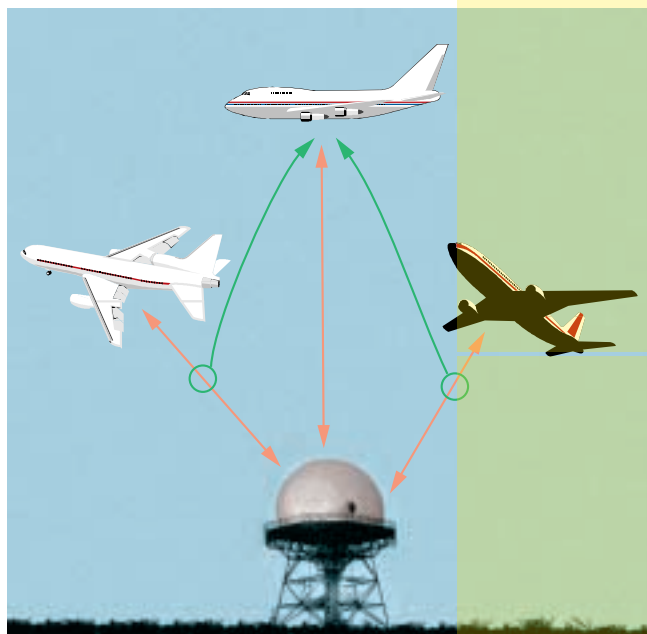
l'information, les pilotes participent activement à la qualité du contrôle aérien. L'amélioration des communications entre pilote et contrôleur passe donc par une restitution des informations portées par le «bruit de fond».

Dans de nombreuses autres activités professionnelles, ce qui apparaît comme un bruit, une gêne, voire un élément insignifiant est une source d'informations. La tâche effectivement réalisée par l'opérateur n'est pas exactement celle qui lui est prescrite

par l'entreprise. Cette différence naît de la capacité des utilisateurs à créer des usages non initialement prévus mais adaptés à leur activité, de l'utilisation comme marteau d'un manche de tournevis à un savoir-faire professionnel élaboré. L'identification de ces usages est cruciale dès que l'on envisage de modifier le poste de travail : on risque sinon de priver l'opérateur d'un outil essentiel dont l'usage serait ignoré.

Sophie DUSIRE

Laboratoire d'ergonomie du CNAM



Les pilotes se construisent une représentation de leur espace aérien à l'aide des informations qu'ils échangent avec le centre de contrôle (flèches orange) et en écoutant les conversations entre le contrôle et les autres avions du secteur (flèches vertes).

centre de contrôle au sol, qui gère l'ensemble du trafic de sa portion d'espace aérien. En principe, le pilote doit se contenter d'obéir aux instructions du contrôleur : c'est ce dernier qui détient l'information pertinente pour orienter l'avion. Dans le système actuel de communication entre les contrôleurs et les pilotes, chaque pilote entend les conversations échangées entre le centre de contrôle et tous les avions présents dans le même secteur que lui. Dans ce bruit de fond, il doit sélectionner les messages

Dopamine et comportement

En perturbant spécifiquement certains récepteurs du système de la dopamine, on en élucide le fonctionnement.

Le système nerveux central fonctionne grâce à plusieurs neurotransmetteurs, notamment à la dopamine, qui participe au contrôle des mouvements, aux fonctions cognitives et à l'humeur ; on la surnomme le neurotransmetteur de la récompense. Si l'on connaît les grandes lignes du fonctionnement cérébral, on ignore certains détails des mécanismes : les cibles précises des neurotransmetteurs, les systèmes de rétrocontrôle, les causes des anomalies responsables de diverses pathologies, telles la maladie de Parkinson ou la schizophrénie. De nouveaux modèles animaux permettent de les préciser.

Jusque dans les années 1960, on étudie le fonctionnement des différents systèmes de neurotransmetteurs, en détruisant les neurones utilisant ces neurotransmetteurs. Ainsi pour les neurones dopaminergiques, on injecte une neurotoxine dans le locus niger d'un rat, siège de nombreux neurones dopaminergiques. Cette méthode reproduit les symptômes des patients atteints de la maladie de Parkinson, et permet aux biologistes d'étudier *in vivo* la fonction des récepteurs dopaminergiques. Par ailleurs, en administrant des agonistes et des antagonistes dopaminergiques (des molécules qui potentialisent ou qui inhibent l'action de la dopamine) à des rats déficients en dopamine, on détermine quels sont les effets comportementaux dus à l'activation ou à l'inactivation des récepteurs dopaminergiques.

Malheureusement, cette méthode brutale détruit tous les sous-types de récepteurs dopaminergiques, et ne différencie pas leur rôle spécifique.

Aujourd'hui, on connaît cinq types de récepteurs dopaminergiques, identifiés par leur séquence génétique, et qui sont pharmacologiquement distincts : les récepteurs D₁, D₂, D₃, D₄ et D₅. Grâce à leurs homologues de structure et de fonction, on a regroupé D₁ et D₅, d'une part (c'est la sous-famille D₁), et D₂, D₃ et D₄, d'autre part (c'est la sous-famille D₂). On sait différencier l'action pharmacologique des deux sous-familles, mais on a des difficultés à préciser la fonction des différents membres de chaque sous-famille.

Pour y parvenir, les biologistes utilisent les techniques du génie génétique qui

modifient spécifiquement l'expression d'un gène *in vivo*, et par conséquent, la production d'une protéine particulière. Deux modèles animaux ont ainsi été obtenus récemment : dans le modèle d'Emiliana Borrelli et de ses collègues de l'Unité CNRS UPR 6520, à Strasbourg, le gène codant le récepteur D₂ est spécifiquement inactivé ; dans le modèle de Bruno Giros de l'Unité INSERM 288, à Paris, et de ses collègues de l'équipe de Marc Caron, à l'Université Duke, le gène codant le transporteur de la dopamine, la molécule qui permet la recapture du neurotransmetteur par le neurone présynaptique, est inactivé.

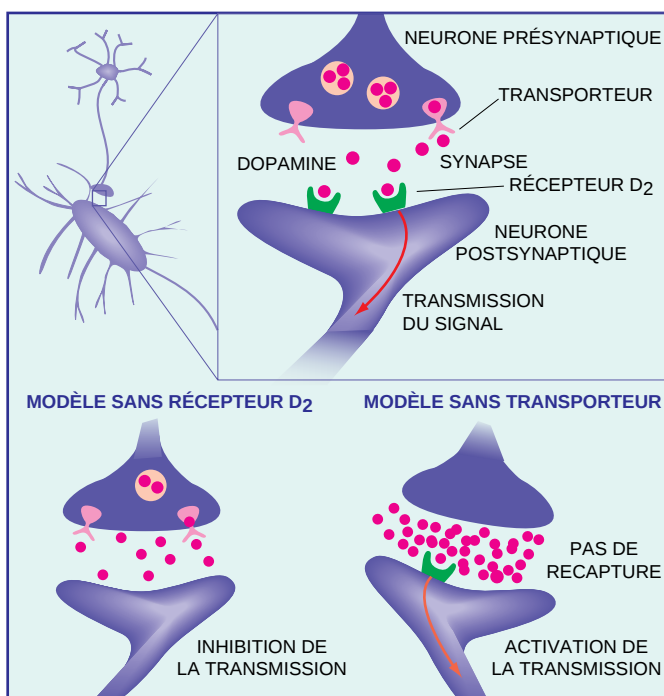
LES RÉCEPTEURS D₂

Les souris obtenues par l'équipe d'E. Borrelli n'expriment plus le récepteur dopaminergique D₂, et elles présentent des anomalies de comportement : elles ont des difficultés de locomotion et de coordination des mouvements. Tous les autres sous-types de récepteurs dopaminergiques sont exprimés normalement. D'après ce modèle, le récepteur D₂ est le principal responsable des fonctions de locomotion et de coordination *in vivo*. De plus, les souris transgéniques ont des symptômes très semblables à ceux des

patients atteints de la maladie de Parkinson qui souffrent de rigidité musculaire et de tremblements.

Chez ces personnes, la concentration en dopamine diminue notablement (jusqu'à 80 pour cent de sa valeur normale) en raison de la destruction de nombreux neurones dopaminergiques. Les troubles observés chez le modèle animal étant très semblables aux troubles moteurs des parkinsoniens, on en conclut que ces derniers sont essentiellement dus à un défaut de stimulation des récepteurs D₂. Ce nouveau modèle animal servira à tester l'efficacité des traitements futurs de la maladie de Parkinson, et permettra de distinguer, *in vivo*, les molécules spécifiques des récepteurs D₂ de celles qui agissent sur les autres récepteurs de la même famille.

Quand les récepteurs D₂ sont absents, les neurones postsynaptiques ne sont pas activés : le système dopaminergique est inhibé. Au contraire, dans le second modèle, le système dopaminergique est stimulé à l'ex-



La dopamine assure la transmission de certains messages cérébraux. Normalement, elle se lie à ses récepteurs postsynaptiques, par exemple aux récepteurs D₂, ce qui active la transmission. Quand elle a fini d'agir, la dopamine est partiellement recaptée par le neurone présynaptique par l'intermédiaire d'un transporteur spécifique. Dans le neurone, elle est stockée dans des vésicules. Dans le modèle animal privé de récepteurs D₂ postsynaptiques (*en bas à gauche*), le système dopaminergique est inhibé. Lorsqu'un animal est dépourvu de transporteurs de la dopamine (*en bas à droite*), le neurotransmetteur s'accumule dans la fente synaptique et active sans arrêt le système. Le nombre des récepteurs postsynaptiques diminue afin de s'opposer à l'action de la dopamine en excès.