

VÉHICULES

EXPÉRIENCES EN PSYCHOLOGIE SYNTHÉTIQUE ·

VALENTINO BRAITENBERG



PRESSES POLYTECHNIQUES ET UNIVERSITAIRES ROMANDES

Depuis des siècles, les philosophes débattent gravement de questions insolubles dont la plus commune est la nature de l'homme. Nous pensons, mais qu'est-ce que la pensée? Nous sommes conscients, mais qu'est-ce que la conscience?

La réponse classique, celle des premiers philosophes grecs et particulièrement de Platon, est d'imaginer une âme injectée dans le corps qu'elle gouverne, une âme impalpable qui quitte le corps au moment de la mort, une âme qui habite ce corps comme un grand seigneur loge dans un taudis, un esprit radicalement opposé à la matière dans laquelle il a chu. Ce schéma est encore largement adopté dans le langage populaire comme dans la réflexion philosophique. Même le christianisme a été infecté par cette idée platonicienne alors que l'originalité de la pensée judéo-chrétienne est de ne pas concevoir l'esprit désincarné mais, au contraire, incarné.

L'idée platonicienne commence à être battue en brèche par certains résultats de la technique. Le débat cesse d'être un conflit d'idées abstraites: il se matérialise dans des machines dites à neurones artificiel; elles sont construites au moyen de circuits intégrés, c'est-à-dire de puces de silicium, qui réalisent des circuits analogues à ceux du cerveau. En quelques années, il est apparu que des circuits relativement simples parvenaient à effectuer des opérations relativement complexes comme le déchiffrement de l'écriture ou la reconnaissance de la parole. Ces circuits se constituent par apprentissage, ce ne sont pas des automates programmés de façon rigide mais des machines

qui se perfectionnent par l'expérience.

Il existe donc en technique une nouvelle catégorie de dispositifs, qui réalisent le vieux rêve du Golem ou de Frankenstein: la matière munie de réflexion (voire de conscience?) par l'art des hommes. Perspective vertigineuse qui intoxique les imaginations et qui renvoie certains philosophes au statut d'épaves historiques.

Le but de ce livre est de procéder à une réflexion par une approche inédite que l'on pourrait appeler la psychologie expérimentale.

Soit à résoudre des questions du genre suivant. L'homme est-il ou non un automate programmé partiellement par ses gènes (l'inné) et reprogrammé par l'expérience (l'acquis)? Est-il nécessaire de le doter d'une âme impalpable, perchée sur le cerveau, indépendante de tout substrat matériel?

Au lieu d'en disserter doctement, l'auteur propose de se livrer à des expériences imaginaires mais qui seraient parfaitement réalisables en pratique. Sous nos yeux se crée, par un mécanisme évolutif, toute une faune d'animaux électroniques, de plus en plus élaborés, avec un comportement qui se rapproche de celui des animaux biologiques et qui évoque de proche en proche celui des hommes. Il suffit de quelques composants électroniques pour obtenir une richesse stupéfiante de réactions. Il suffit d'avoir bien intégré les recettes de l'évolution biologique pour en reconstruire la démarche avec du matériel électromécanique plutôt que biochimique.

Sous ses apparences ludiques, ce livre constitue donc un pamphlet particulièrement subversif à l'égard de la méthodologie classique des sciences humaines, toujours peu ou prou imbibée des idées platoniciennes, toujours tentée par un raisonnement logique, verbal, voire verbeux, sans référence expérimentale. Le plus grand mérite de ce livre est sans doute de ne pas succomber à son tour à la folie des grandeurs: il n'élabore aucune théorie pédante de la pensée ou de la conscience; il livre le résultat d'une expérience conceptuelle à notre réflexion et à notre plaisir.

Il est donc encore possible de réfléchir en s'amusant et il est toujours possible de s'amuser en réfléchissant. Valentino Braitenberg pourrait-il imaginer un robot écrivant à sa place? Pourrait-il en faire l'objet de son prochain livre? Pourrait-il imaginer le robot écrivant ce livre au sujet du robot? Pourrait-il imaginer un robot écrivant cette préface? Pourrait-il imaginer un robot lisant ce qui va suivre? Pour le savoir, il faut lire ce qui suit.

Jacques Neiryndck

INTRODUCTION

LAISSEZ LE PROBLÈME DE L'ESPRIT SE DISSOUDRE DANS VOTRE ESPRIT

Ceci est un exercice d'imagination scientifique ou de science-fiction si vous préférez. Mais il ne s'agit pas de science-fiction en tant que divertissement. Il s'agit d'une science-fiction au service de la science. Alors disons tout simplement de la science, si vous êtes d'accord avec le fait que la fiction en fait partie, en a toujours fait partie et en fera toujours partie; aussi longtemps que nos cerveaux ne seront que de minuscules fragments de l'univers, beaucoup trop petits pour contenir tous les faits du monde, mais suffisamment significatifs pour spéculer à leur sujet.

Je travaillais depuis quelques années sur certaines structures du cerveau animal qui semblaient impénétrables à cause de leur simplicité et/ou leur régularité, comme les éléments composant un ordinateur. La plus grande partie de ce travail n'est intéressante que si vous êtes vous-même directement impliqué. A cette époque, alors que je comptais les fibres des ganglions visuels des mouches ou les synapses du cortex cérébral des souris, au fond de mon subconscient, je sentais que des nœuds étaient en train de se dénouer, des distinctions s'atténuer, des difficultés disparaître; difficultés que j'avais déjà éprouvées beaucoup plus tôt, lors de ma première approche philosophique, si naïve, du problème de l'esprit. Le processus de synthèse a été durant toutes ces années une expérience délicieuse. Le texte que vous lisez est conçu pour vous apporter une grande partie de celle-ci, à la condition que vous soyez prêt à me suivre, non pas à travers un monde de cerveaux réels, mais à travers un monde de jouets que nous

créerons ensemble.

Nous ne parlerons que de machines aux structures internes très simples, trop simples en fait pour être intéressantes du point de vue de la construction mécanique ou électrique. Leur intérêt grandira cependant si nous considérons ces machines, ou véhicules, comme s'ils étaient des animaux dans leur environnement naturel. Nous serons alors tentés d'utiliser un langage psychologique pour décrire leur comportement. Or, nous savons très bien qu'il n'y a rien dans ces véhicules que nous n'ayons mis nous-mêmes. C'est un jeu éducatif très intéressant.

Nos véhicules peuvent se déplacer dans l'eau par propulsion à réaction. A moins que vous ne préfériez les imaginer se déplaçant entre les galaxies avec une attraction gravitationnelle négligeable. Rappelez-vous cependant qu'un réacteur doit expulser de la matière pour fonctionner. L'expulsion de matière implique un réapprovisionnement des réservoirs à l'intérieur des véhicules. Ce réapprovisionnement pourrait poser un problème entre les galaxies. Cette remarque suggère des véhicules se mouvant à la surface de la terre à travers un environnement agricole où ils auront un bon support et trouveront facilement de la nourriture, ou le combustible dont ils ont besoin. A dire vrai, les tout premiers chapitres évoquent l'image de véhicules se déplaçant dans l'eau en nageant, alors que plus tard, ceux qui viendront à l'esprit seront de petits véhicules se déplaçant sur des surfaces solides. Ce n'est pas par inadvertance, si l'évolution des véhicules 1 à 14 reflète, de quelque façon que ce soit, l'évolution des espèces animales.

Cela n'a pas d'importance. Habituez-vous à une façon de penser dans laquelle la réalisation d'une idée est beaucoup moins importante que l'idée elle-même. Norbert Wiener a été très catégorique à ce sujet quand il formula le titre de son livre «Cybernétique ou commande et communication chez les animaux et les machines».

VÉHICULE 1

DÉPLACEMENT

Le véhicule 1 est équipé d'un capteur et d'un moteur (fig. 1). Leur connexion est très simple. Plus la caractéristique enregistrée par le capteur est importante, plus le moteur va vite. Supposons que la caractéristique soit la température et que la force exercée par le moteur soit exactement proportionnelle à la température absolue (la température au-dessus de 0° Kelvin) mesurée par le capteur. Le véhicule se déplacera, où qu'il soit (la température absolue n'étant nulle part égale à 0° Kelvin) dans la direction vers laquelle il se trouve pointé. Il ralentira dans les régions froides et accélèrera lorsqu'il fait chaud.

A ce point rappelons un peu de physique aristotélicienne. Aristote, comme n'importe quel philosophe grec de l'Antiquité, pensait que la vitesse d'un corps en mouvement était proportionnelle à la force qui le meut. Ceci est vrai dans la plupart des cas, c'est-à-dire quand il y a une certaine friction pour ralentir le véhicule. Normalement, la friction veille à ce que la vitesse tende vers zéro, en l'absence de toute force, et qu'elle conserve une valeur minimale pour une force minimale donnée, une valeur plus grande pour une force plus grande.

Bien sûr, comme vous le savez tous, ceci n'est pas vrai pour les corps célestes (spécialement si vous ne consacrez pas un temps astronomique à les observer). Leur vitesse est la résultante complexe de toutes les forces qui les aient jamais influencés à quelque moment que ce soit. C'est une raison supplémentaire pour laisser nos véhicules se déplacer dans l'eau ou sur la surface de

la terre plutôt que dans l'espace.

Dans ce monde aristotélicien, notre véhicule 1 peut même arriver à s'arrêter. Ceci se produira s'il entre dans une région froide où la force exercée par le moteur, qui est proportionnelle à la température, est inférieure à la force de friction.

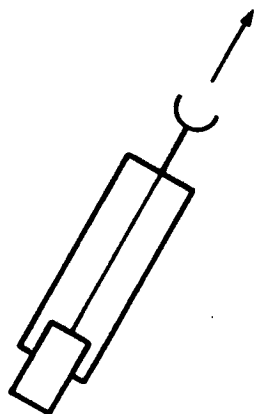


Fig. 1 Véhicule de type 1 : le plus simple. La vitesse du moteur (la boîte rectangulaire à l'arrière) est contrôlée par un capteur (demi-cercle sur une tige en partie frontale), le déplacement se fait toujours vers l'avant en direction de la flèche, excepté en cas de perturbations.

Si vous prenez en compte la friction, d'autres choses surprenantes peuvent se passer. Dans l'espace, le véhicule 1 va se déplacer en ligne droite à une vitesse variable (en supposant la moyenne des forces d'attraction gravitationnelle des galaxies voisines égale à zéro). Il n'en va pas de même sur terre. Le frottement, qui n'est rien d'autre que la somme de toutes les forces microscopiques qui apparaissent dans une situation trop complexe pour être analysée en détail, peut ne pas être totalement symétrique. Lorsque le véhicule subit une poussée vers l'avant, les forces de friction le feront dévier de sa trajectoire. Dans une longue course, il paraîtra se mouvoir en suivant une trajectoire compliquée, s'incurvant d'un côté ou de l'autre sans bonne raison apparente. S'il est très petit, son mouvement sera tout à fait erratique, similaire au mouvement brownien avec seulement

une certaine dérive générale en plus.

Imaginez maintenant votre réaction si vous observiez un tel véhicule nageant dans une mare. Il est agité, diriez-vous, et n'aime pas l'eau chaude. Mais il est tout à fait stupide car il ne peut pas faire demi-tour vers l'agréable coin froid qu'il a dépassé dans son agitation. Finalement, serez-vous tenté de conclure, cette chose est *vivante* puisque vous n'avez jamais vu une particule de matière inerte se déplacer ainsi.

VÉHICULE 2

PEUR ET AGRESSION

Le véhicule 2 ressemble grossièrement au véhicule 1 excepté le fait qu'il possède deux capteurs, un de chaque côté et deux moteurs, droit et gauche (fig. 2). Vous pouvez supposer qu'il s'agit d'un descendant du véhicule 1 grâce à un processus de duplication biologique incomplet; deux véhicules de la première forme se seraient collés ensemble côte à côte. De la même façon que pour le véhicule précédent, plus les capteurs sont excités, plus les moteurs vont vite.

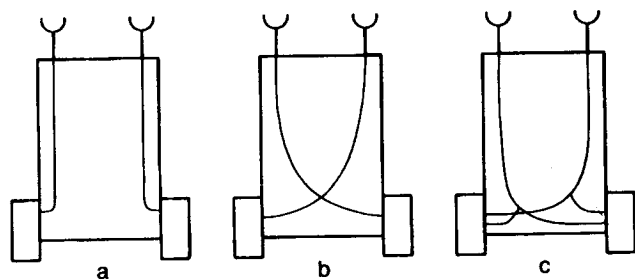


Fig. 2 Véhicules de type 2. Les véhicules de type 2 ont deux moteurs et deux capteurs, sinon leur fonctionnement est identique aux véhicules de type 1. Les connexions diffèrent en a, b et c.

Bien sûr, vous notez immédiatement que vous pouvez envisager trois sortes de véhicules, selon que vous connectez:

- (a) chaque capteur au moteur du même côté,
- (b) chaque capteur au moteur du côté opposé,
- (c) chacun des capteurs à chacun des moteurs.

Vous pouvez tout de suite écarter le cas (c), car

ce n'est pas autre chose qu'une version luxueuse du véhicule 1. La différence entre (a) et (b) est par contre intéressante.

Considérez (a) tout d'abord. Ce véhicule restera plus longtemps dans les endroits où il y a peu de stimulus pour exciter ses capteurs; par contre il accélérera dès qu'il sera exposé à des concentrations plus fortes. Si la source de ce stimulus (la lumière, dans le cas du capteur de lumière) est située juste en face du véhicule, celui-ci pourra atteindre la source à moins qu'il n'en soit détourné durant sa course. Si la source se situe sur un côté (fig. 3), le capteur le plus proche de la source est plus excité que l'autre. Le moteur correspondant agira d'avantage. En conséquence, le véhicule le tournera le dos à la source.

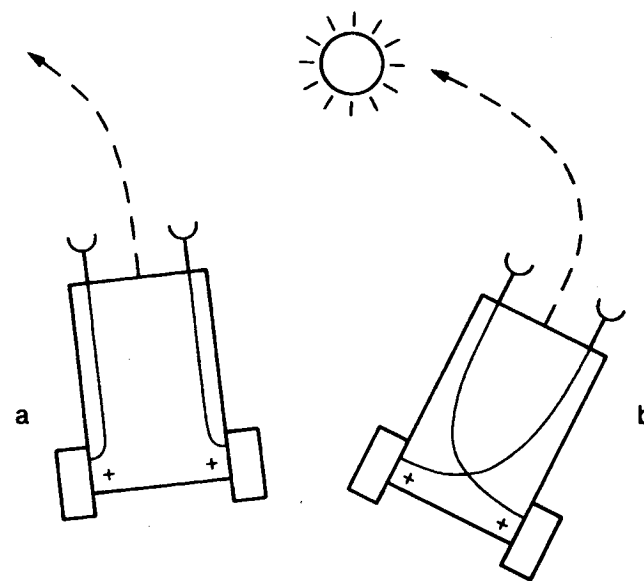


Fig. 3 Comportement des véhicules 2a et 2b. Le comportement des véhicules 2a et 2b à proximité d'une source (cercle avec rayonnement) est le suivant: le véhicule 2b se tourne vers la lumière tandis que le véhicule 2a s'en éloigne.

Essayons maintenant l'autre disposition des connexions capteur-moteur de la fig. 3. Il n'y a pas de changement si la source est juste en face. Si elle

se trouve sur un côté, nous notons une différence par rapport au véhicule 2a. Le véhicule 2b tournera en direction de la lumière et viendra éventuellement heurter la source de celle-ci. Il n'y a pas d'échappatoire; tant que 2b reste dans la proximité de la source, peu importe ses soubresauts et ses hésitations, il finira toujours par atteindre la source de plein fouet. Il n'y a que dans le cas, peu probable, où une forte perturbation le fasse se tourner exactement dans la direction opposée à la source, qu'il pourra échapper à son destin, à l'unique condition qu'il n'y ait plus d'autres perturbations.

Laissons les véhicules 2a et 2b se déplacer dans leur monde pendant un moment et observons-les. Leurs caractéristiques sont tout à fait opposées. Tous les deux semblent éprouver une aversion pour les sources, mais 2a s'immobilise à leur proximité et tend à les éviter, s'échappant jusqu'à ce qu'il atteigne un endroit où l'influence de la source est à peine ressentie. Le véhicule 2a est *peureux*, dirions-nous. Il n'en est pas de même pour 2b: lui aussi est excité par la présence des sources, mais il se tourne résolument vers elles et les heurte à grande vitesse comme s'il voulait les détruire. Le véhicule 2b est apparemment *agressif*.

VÉHICULE 3

AMOUR

Ni la violence du véhicule 2b ni la poltronerie de son compagnon 2a ne sont des traits de caractère qui incitent à l'amélioration. De plus, il y a quelque chose d'assez primitif chez un véhicule qui peut être uniquement excité par les choses qu'il sent (qu'il voit, qu'il touche ou qu'il entend) mais qui ne connaît aucun stimulus relaxant ou calmant. Il vient alors à l'esprit d'introduire l'inhibition dans les connexions entre capteur et moteur. Un tel comportement peut être obtenu en inversant le signe de l'influence, il était positif, il devient négatif. Cette inhibition fait ralentir le moteur quand le capteur correspondant est activé. Nous pouvons à nouveau envisager deux variantes: l'une avec les connexions directes, l'autre avec les connexions croisées (fig. 4). Les deux variantes vont ralentir en présence d'un stimulus important et au contraire vont accélérer dans le cas d'un stimulus faible. Ces véhicules passeront donc plus de temps à proximité des sources que loin d'elles. En fait, ils seront même au repos dans la proximité immédiate d'une source.

A ce niveau, nous notons aussi une différence entre le véhicule aux connexions directes et celui aux connexions croisées. En se rapprochant de la source, le premier (fig. 4a) s'oriente vers elle. En effet, en suivant une course oblique, le capteur le plus proche de la source ralentira le moteur du même côté produisant ainsi un virage en direction de la source. Le véhicule aux connexions directes viendra s'arrêter face à la source. Le véhicule aux connexions croisées (fig. 4b), pour des raisons analogues, viendra s'arrêter le dos à la source. Il

ne pourra y rester bien longtemps, puisqu'une infime perturbation l'entraînera loin de la source. La conséquence de cet éloignement sera une atténuation de l'influence inhibitrice de la source, ce qui se traduira par une accélération croissante du véhicule.

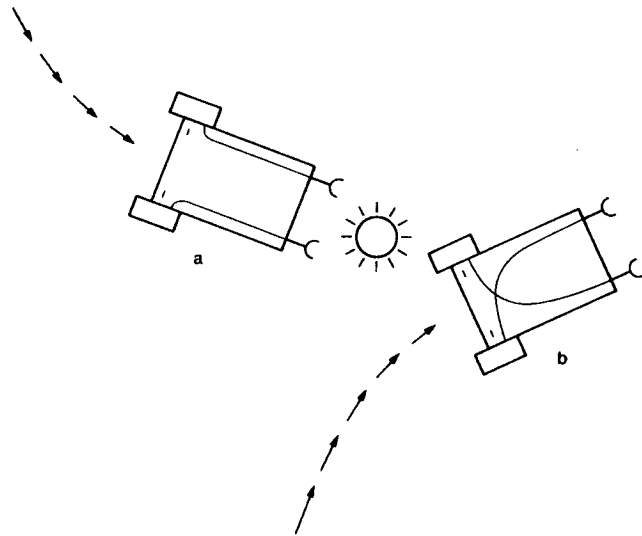


Fig. 4 Véhicules de type 3. Influence inhibitrice des capteurs sur les moteurs.

Vous n'aurez aucune difficulté à trouver un nom pour ce genre de comportement. Ces véhicules *aiment* la source, dirons-nous, mais de façons bien différentes. Le véhicule 3a *aime* de façon permanente; il reste tout proche, en une admiration béate, du moment où il a aperçu la source jusqu'à la fin des temps. Le véhicule 3b, pour sa part, est un *explorateur*; il aime aussi la proximité de la source, mais garde un œil ouvert pour d'autres sources peut-être plus fortes, vers lesquelles il volera, la chance lui étant donnée, pour trouver un apaisement plus gratifiant et plus permanent.

Mais ceci n'est pas encore le développement complet du véhicule 3. Nous sommes prêts maintenant à construire un modèle plus complet en utilisant toutes les caractéristiques du comporte-

ment à notre disposition. Appelons-le véhicule c. Nous n'allons pas lui donner une seule paire de capteurs, mais quatre paires adaptées à différents paramètres de l'environnement: la lumière, la température, la concentration en oxygène et la quantité de matière organique (fig. 5). Maintenant connectons la première paire aux moteurs avec des connexions excitatrices directes, comme pour le véhicule 2a, la deuxième paire excitatrice avec des connexions croisées comme le véhicule 2b, la troisième et la quatrième paire avec des connexions inhibitrices, respectivement croisées et directes, comme dans les véhicules 3a et 3b.

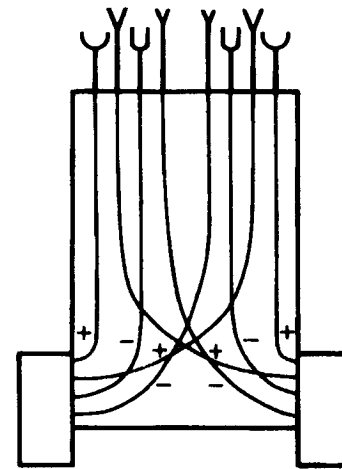


Fig. 5 Véhicule multisensoriel de classe 3c.

Voilà maintenant un véhicule au comportement intéressant. Il craint les fortes températures puisqu'il se détourne des endroits chauds. En même temps, il semble détester les ampoules électriques avec une aversion encore plus grande puisqu'il va jusqu'à foncer sur elles et les détruire. Finalement, il a l'air d'apprécier un environnement bien oxygéné et contenant beaucoup de molécules organiques puisqu'il passe la plupart de son temps dans de tels endroits.

On peut remarquer qu'il a l'habitude de se déplacer quand le stock de matière organique, et spécialement l'oxygène, vient à baisser. Vous ne pouvez vous empêcher d'admettre que le véhicule 3c possède un système de *valeurs*. En y pensant bien, il possède le *savoir*, puisque quelques-unes de ses habitudes, comme celle de détruire les ampoules, peuvent sembler tout à fait justifiées. En effet, tout se passe comme si le véhicule savait que les ampoules ont tendance à réchauffer l'environnement et donc à le rendre impropre à la survie. De même, tout se passe aussi comme s'il connaissait quelque chose sur la possibilité de fabriquer de l'énergie à partir d'oxygène et de matière organique puisqu'il préfère les endroits où ces deux produits sont disponibles.

VÉHICULE 4

VALEURS ET GOÛTS PARTICULIERS

Nous sommes maintenant capables de créer une nouvelle catégorie de véhicules, à partir des différentes variétés du véhicule 3, en modifiant les connexions entre capteurs et moteurs. Il y avait, jusqu'à présent, deux catégories très simples: plus le capteur est excité, plus le moteur correspondant va vite, ou au contraire, plus le capteur est excité et moins le moteur va vite. Nous n'avons pas attaché d'importance à ce qu'étaient les règles de dépendance tant qu'elles ont été du type *plus, plus* ou *plus, moins*. Les fonctions mathématiques qui décrivent de telles dépendances sont appelées fonctions monotones. Manifestement, il y a quelque chose de très naïf chez des créatures gouvernées par des goûts ou des répulsions de façon si inconditionnelle. Nous imaginons facilement comment un tel comportement peut conduire au désastre.

Considérons l'amélioration qui suit: l'activation d'un capteur précis va amener le moteur correspondant à accélérer. Cette accélération va se poursuivre jusqu'au point où le moteur aura atteint sa vitesse maximale. Au delà de ce point, si le capteur est plus fortement activé, la vitesse diminuera de nouveau (fig. 6). Le même type de dépendance, avec une efficacité maximum pour un certain niveau d'activation du capteur, peut être construite pour une connexion inhibitrice entre un capteur et un moteur. Nous pouvons fixer le maximum de l'efficacité des capteurs à n'importe quel niveau, et nous pouvons même jouer avec les dépendances en prévoyant plusieurs maxima. Tout véhicule construit selon ce schéma

sera rangé dans une nouvelle catégorie, appelée 4a. Bien entendu, si vous le désirez, vous pouvez conserver quelques-unes des connexions de type monotone et les mélanger avec les non monotones selon toutes les combinaisons imaginables.

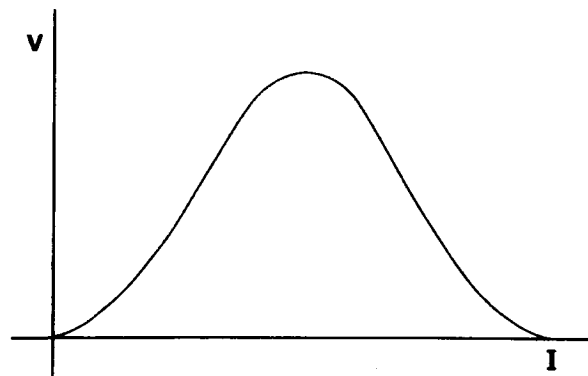


Fig. 6 Dépendance non linéaire de la vitesse du moteur (V) sur l'intensité de stimulation (I) avec un maximum pour une certaine intensité.

Vous allez passer un mauvais quart d'heure si vous essayez d'imaginer la variété de comportements déployés par les véhicules de la catégorie 4a. Un véhicule 4a peut naviguer vers une source (comme le ferait un véhicule 2b) puis faire demi-tour quand le stimulus devient fort, pour ensuite revenir en décrivant un cercle, puis faire demi-tour à nouveau et ainsi de suite, pourquoi pas en décrivant une trajectoire en forme de huit.

Il peut tout aussi bien décrire une orbite autour de la source à une distance fixe comme un satellite autour de la terre. Sa course sera corrigée, à proximité de la source par un stimulus faible et à l'apogée par un stimulus plus fort, selon que l'intensité du stimulus se trouve d'un côté ou de l'autre du maximum de la courbe de dépendance capteur-moteur (fig. 7). Un véhicule 4a peut aimer un stimulus quand il est faible et ne plus le supporter lorsqu'il devient trop fort; il peut par contre en aimer un autre de plus en plus fort à mesure que

son intensité grandit. Il peut se détourner d'une odeur faible et détruire la source d'une odeur forte. Il peut aussi rendre visite alternativement à une source d'odeur et à une source de son, puis se détourner de chacune d'elles à cause d'un changement de température.

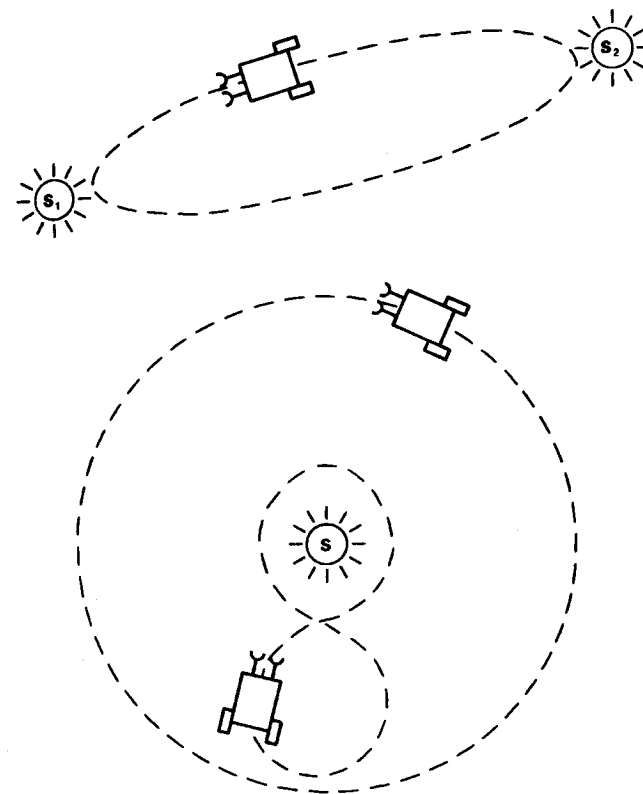


Fig. 7 Différentes trajectoires des véhicules de classe 4a autour d'une source ou entre deux sources.

En regardant les véhicules de classe 4a se déplacer dans un environnement de sources multiples, vous serez enchantés par leurs trajectoires complexes. Je suis sûr que vous sentirez que leurs motivations et leurs goûts sont beaucoup trop changeants et complexes pour être compris par un observateur. Ces véhicules, dirons-nous, sont gouvernés par des *instincts* de catégories différentes; hélas, on se demande bien comment la

nature se débrouille pour donner forme à des instincts dans un morceau de cerveau.

Vous oubliez complètement, bien sûr, que nous avons nous-même conçu ces véhicules.

Mais les instincts sont de toute façon une forme de comportement des plus modestes. Nous pouvons faire mieux. Améliorons le type 4a en lui ajoutant une nouvelle sorte de connexion entre capteur et moteur. Cette fois-ci, l'influence du capteur sur le moteur n'est plus uniforme, il peut y avoir des changements très nets. Par exemple, une plage d'intensité de stimulation sensorielle n'engendrera aucune activation des moteurs, alors qu'avec des stimuli un peu plus forts, les moteurs démarrent à pleine vitesse. Il peut aussi y avoir des changements uniformes dès l'activation des moteurs pour certaines plages de valeurs, avec des changements abrupts entre ces plages. Un schéma apparenté à la vie pourrait être le suivant: aucune activation jusqu'à un certain seuil de stimuli, puis accroissement de l'activation au-delà de ce seuil, en démarrant avec un certain minimum fixé (fig. 8). Vous avez maintenant une certaine expérience dans l'art de l'invention créative et vous n'aurez aucune difficulté à inventer d'autres schémas de cette sorte.

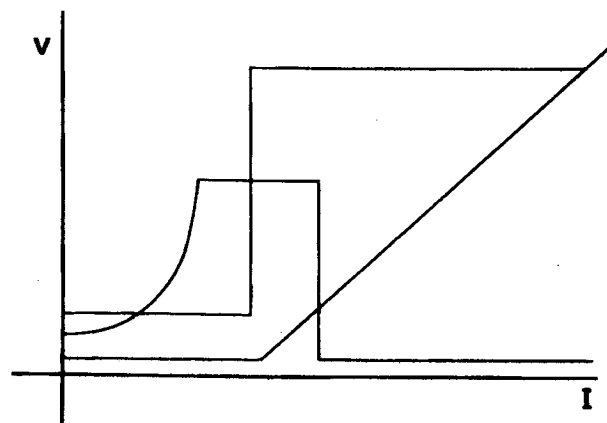


Fig. 8 Différentes catégories de dépendances de la vitesse du moteur (ordonnée) par rapport à l'intensité de la stimulation (abscisse) du véhicule 4a.

D'une certaine façon, ces nouveaux véhicules, que nous appellerons 4b, sont déjà contenus dans la grande famille des véhicules 4a, puisque la brusquerie de comportement peut être simulée – bien sûr avec des degrés d'approximation – par des dépendances fonctionnelles qui sont en réalité, mathématiquement parlant, continues. De plus, si la friction joue un rôle, comme nous l'avions précédemment décidé, les seuils d'activation du moteur en seront une conséquence naturelle: le véhicule ne commencera à se déplacer que si la force mise en œuvre par le moteur excède la valeur nécessaire pour vaincre la friction initiale.

Quelles que soient leurs origines, les seuils dans certains types de comportements diffèrent à l'œil de l'observateur. Ces créatures, dira l'observateur, pèsent leurs *décisions*. Quand vous vous approchez d'elles avec un leurre, il leur faut quelque temps pour démarrer. Cependant, aussitôt qu'elles ont pris une décision, elles réagissent très vite. Elles ont vraiment l'air d'agir de façon spontanée, pas du tout comme les véhicules de catégories inférieures qui semblaient attirés de façon totalement passive d'un côté puis d'un autre. Vous seriez presque tenté de dire que là où les décisions sont prises, il doit exister une *volonté* de les prendre. Pourquoi pas? A notre connaissance, ce n'est pas le pire des critères pour établir l'existence du libre arbitre.