

David KIRSH

L'UTILISATION INTELLIGENTE DE L'ESPACE*

Comment utilisons-nous l'espace qui nous entoure ? Les études de la planification de l'action se sont centrées sur l'examen de l'organisation temporelle des actions, reportant à plus tard celui du placement des instruments et des matériaux et celui du travail en cours. Or, comme créatures incarnées et situées dans l'espace, nous sommes toujours orientés dans une direction quelconque. Nous n'avons en vue que certains objets tandis que d'autres sont à notre portée. Par conséquent, savoir comment nous organisons l'espace environnant n'est pas une question superflue. En tant que modalité essentielle de notre pensée, de nos plans et de nos actions, cette organisation, qui contraint et guide notre comportement, constitue un aspect central de notre manière de façonner le monde.

Je voudrais montrer que, consciemment ou pas, nous organisons et réorganisons constamment notre lieu de travail pour améliorer nos performances. Tout comme le temps, la mémoire et l'énergie, l'espace est une ressource qui doit être gérée. Lorsque cette gestion est réalisée correctement, nous parvenons à abaisser les exigences de temps et de mémoire liées à nos tâches jusqu'à un seuil minimum. Nous pouvons ainsi améliorer la fiabilité de l'exécution de ces tâches et augmenter le nombre de travaux réalisés en même temps. Les techniques que nous utilisons pour parvenir à ces fins ne sont ni évidentes ni universelles. Quelques-unes nous ont été enseignées ; d'autres ont évolué naturellement avec la pratique, au fur et à mesure que nous améliorions nos performances ; d'autres encore ne sont que des conséquences inévitables du fait d'avoir le corps, les capteurs sensoriels et les organes qui sont les nôtres.

* Traduction partielle de : « The intelligent use of space », *Artificial Intelligence*, 73, 1995, p. 36-68, reproduit avec l'autorisation d'Elsevier Science.

Ainsi notre mode d'insertion dans le monde explique que nous puissions utiliser l'espace pour simplifier nos tâches physiques et cognitives.

Voici un exemple typique d'utilisation de l'espace qui vise consciemment à améliorer l'exécution des tâches. Pour préparer une salade composée, un sujet enregistré en vidéo a découpé chaque légume en fines tranches, puis les a disposées en rangs bien ordonnés : un pour les tomates, un pour les champignons, et un autre pour les poivrons rouges. Notre cuisinière a ensuite saisi un grand plat ovale – qu'elle n'avait jamais utilisé jusque-là – et l'a placé à côté des rangées de légumes, pour commencer ensuite à disposer ceux-ci tout autour du plat. L'objectif poursuivi, qui fut confirmé à la fois par l'observation et par un questionnement ultérieur, était de répartir sur le plat l'ensemble des articles découpés d'une manière régulière et esthétique. La cuisinière ne voulait ni épuiser trop rapidement le stock de tomates, ce qui aurait fait apparaître des emplacements vides, ni refermer le cercle des légumes avant que tous les ingrédients, poivrons, champignons, et tomates, aient été utilisés.

Le problème de placement posé à notre cuisinière était de répartir les ingrédients de façon régulière. Cela exigeait soit d'élaborer un plan par avance, soit de se remémorer des expériences antérieures similaires, soit encore de repérer au fur et à mesure le nombre approximatif de tranches restantes. N'ayant jamais travaillé avec un plat ovale de cette dimension, notre cuisinière ne disposait d'aucune connaissance antérieure disponible. Elle n'était pas plus disposée à compter la totalité des articles qu'à mesurer la circonférence du plat, comme l'eût exigé une logique de plan. Elle se fiait plutôt à un repérage permanent des tranches restantes et à sa capacité de s'adapter en permanence. Pour comprendre comment le fait de disposer des ingrédients en rangées soigneusement séparées traduit un comportement intelligent, on doit connaître un fait de psychophysique humaine : l'estimation d'une longueur est plus facile et plus fiable que l'estimation d'une superficie ou d'un volume. En utilisant la longueur pour déterminer le nombre, elle a créé, dans le monde, un indice ou un signal qu'elle a pu ensuite facilement suivre. Disposer des tranches en rangées, plutôt que de les regrouper ou de les empiler en tas, permet de juger plus précisément de la propriété « nombre relatif restant ». Le système perceptif humain étant tel qu'il est, le fait d'aligner les tranches crée une propriété observable qui facilite l'exécution de la tâche.

Dans cet exemple, la disposition des éléments en rangées a pour fonction d'encoder, aussi explicitement que possible, une information pertinente pour l'état du problème (Kirsh, 1991a). L'analyse n'en est pas très compliquée. En règle générale, l'encodage efficace de l'information dans des arrangements de l'environnement dépend de la mémoire, des catégories et des compétences d'un agent. Il existe une littérature considérable sur la mémorisation des positions aux échecs, qui établit qu'un joueur expert peut d'un simple coup d'œil mémoriser

bien plus complètement un jeu que ne parvient à le faire un débutant en le regardant plusieurs fois. Cela suggère que la façon dont un expert peut emmagasiner des informations dans des arrangements n'est pas forcément accessible à des novices. Souvent, sans même nous en rendre compte, nous structurons notre lieu de travail de telle sorte qu'il nous aide à ne pas perdre de vue les processus, ainsi que d'autres fonctions utiles sur lesquelles je reviendrai. Nous ne devrions cependant pas supposer qu'une telle structuration cognitive ou informationnelle est épisodique. Au contraire, elle est tout à la fois banale et permanente.

Cette idée ne rencontrera sans doute pas une profonde opposition. Cependant, elle a rarement été examinée par les psychologues. Par exemple, dans une expérience psychologique typique sur la mémoire, les expérimentalistes ont cherché à tester une hypothèse en modifiant systématiquement les propriétés du stimulus et en observant les effets sur certaines caractéristiques de la performance : la quantité, la fiabilité et la rapidité du rappel du stimulus dans différentes sortes d'épreuves (remémoration libre, remémoration suscitée par des indices, reconnaissance). Ces épreuves sont supposées nous apprendre comment l'agent organise le stimulus de l'intérieur. Ainsi, la chaîne de lettres KXTNMXTARWOYE est-elle moins facile à mémoriser que la chaîne IBM-CIANBCDARPA, parce qu'elle ne peut pas être fractionnée en plusieurs chaînes familières. Au bout de quelque temps, beaucoup de sujets (cela dépend de l'arrière-plan) décomposent IBMCIANBCDARPA en quatre morceaux plus facilement mémorisables IBM CIA NBC DARPA. Les agents projettent une structure sur le monde. Mais curieusement, les expérimentalistes permettent rarement au sujet de jouer avec le stimulus lui-même pour faire apparaître des ensembles, comme on le voit au jeu de Scrabble. Ils ne cherchent pas à construire des expériences pour savoir comment les agents choisissent de structurer le stimulus.

Cette tendance à différer l'étude des avantages cognitifs des arrangements spatiaux n'est pas limitée à la psychologie. Considérez le problème suivant (*blocks world problem*), tant étudié dans les études sur la planification. On demande à un enfant de construire deux tours à partir de cubes sur lesquels sont inscrites des lettres de telle sorte que l'on puisse lire le mot « space » sur la première et le mot « matters » (fig. 1) sur la seconde. Les cubes sont éparpillés dans la pièce. Si l'on suit l'approche classique adoptée en IA, la contrainte à respecter est de ne déplacer qu'un seul cube à la fois, et seulement s'il n'y en a aucun autre sur lui. Comment le robot peut-il procéder ? Une méthode, jamais discutée dans la littérature en IA, consiste à préparer les cubes de manière à ce que leur disposition horizontale au sol fasse apparaître l'empilement visé « space matters ».

Pourquoi est-ce une bonne idée ? Parce qu'elle constitue la preuve de l'efficacité d'une linéarisation de l'objectif. Si nous pouvons construire la chaîne

« space matters » horizontalement, nous savons que nous pouvons aussi la construire verticalement. Nous sommes en mesure d'en garantir la construction. À première vue, cela ne semble pas représenter une avancée par rapport au fait de construire les tours directement. Les avantages d'une structuration informationnelle du monde ne paraissent pas mériter qu'on en fasse l'effort. Mais si nous prenons en compte le fait que les contraintes sur le mouvement horizontal sont plus faibles que celles sur l'empilement vertical, alors nous voyons que la résolution d'un problème au sol correspond bien à une résolution dans un espace plus abstrait. Au sol, nous pouvons saisir et déplacer un bloc sans nous soucier du fait qu'il est intercalé avec d'autres cubes. Et, si nous laissons un espace entre les cubes, il est possible d'y insérer un autre sans déplacer ceux qui se trouvent autour. Par conséquent, nous pouvons économiser plusieurs étapes en résolvant le problème au sol. Atteindre l'ordonnancement visé en procédant par tâtonnements au sol nécessite moins de mouvements. La résolution du problème au sol s'avère plus facile.

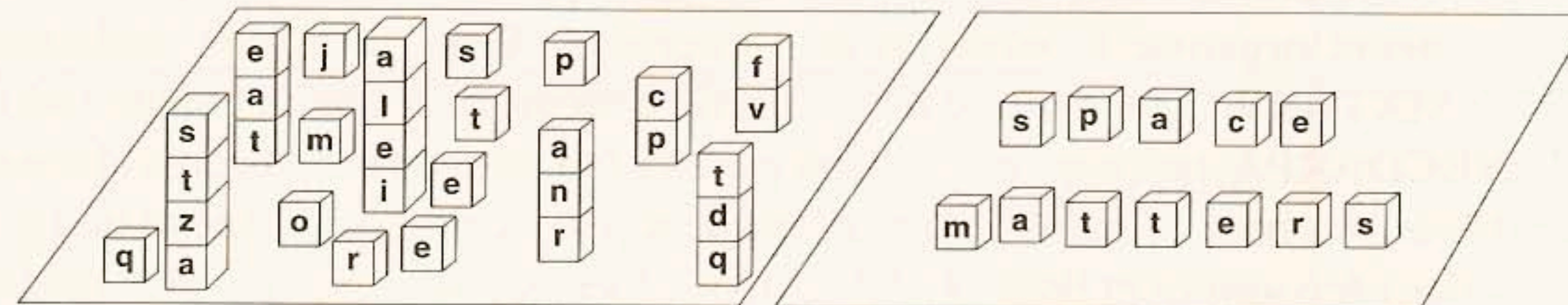


Fig. 1. La partie gauche représente un ensemble de cubes sur le sol, certains empilés en petits tas, les autres juste éparpillés par terre. Sur la partie droite, les cubes qui serviront à construire les tours ont été alignés. Les enfants rangent souvent les cubes par terre avant de les empiler, parce qu'il est plus facile de résoudre le problème quand on peut lire toutes les lettres et ranger les cubes sans se préoccuper de les faire tenir les uns sur les autres.

Une telle exploitation du monde pour améliorer l'exécution, ou pour simplifier le problème à résoudre, est typique du raisonnement situé. Plusieurs études (Greeno, 1989 ; Lave, 1988 ; Scribner, 1986) ont montré à maintes reprises comment les agents humains utilisent, de préférence à des calculs abstraits, les ressources de la situation pour tirer des conclusions et résoudre des problèmes. Les gens élaborent des outils mentaux avec les choses qui sont présentes dans leur environnement. Lave (1977) a mis l'accent sur l'omniprésence des dispositifs spécialisés de calcul dans l'environnement. Dans un exemple célèbre, cité par Greeno (1989), un interviewer demande à un sujet qui vient d'adhérer au programme d'amaigrissement Weight Watchers « quelle quantité de fromage blanc correspond aux trois quarts de la quantité journalière autorisée, soit deux tiers d'une tasse ? » Après avoir marmonné qu'il avait étudié le calcul au lycée, le sujet remplit une tasse de fromage blanc aux deux tiers, puis dépose le tout sur le comptoir. Ensuite, il lui donne la forme d'un cercle, et trace au-dessus une

ligne horizontale et une ligne verticale. Puis il met de côté l'un des quarts, et se sert le reste. Au lieu de multiplier $3/4 \times 2/3 = 1/2$, il a mobilisé des objets disponibles dans la situation pour résoudre son problème.

L'espace est toujours présent, et le besoin de placer des objets quelque part est un fait constant de la vie. C'est ce qui fait de l'espace une ressource précieuse pour faciliter la résolution ordinaire des problèmes de planification.

Mon objectif, dans ce texte, est de fournir l'amorce d'une classification raisonnée des façons d'utiliser l'espace intelligemment. Les données pour une telle classification sont tirées de vidéos présentant des personnes en train de faire la cuisine ou procédant à des montages et à des emballages, d'observations quotidiennes dans les supermarchés, les ateliers et les salles de jeux, ainsi que d'études expérimentales sur le jeu électronique Tetris.

L'article est divisé en cinq parties. Dans la première, j'introduis un cadre général pour penser l'intelligence et l'espace. Notre utilisation de l'espace n'est pas un cas particulier d'activité intelligente, qui occuperait une position spéciale par rapport à nos méthodes normales d'interaction ; comprendre comment nous exploitons les ressources spatiales fait partie d'une approche plus générale de l'activité intelligente. Dans les trois parties suivantes, je présente une classification qui distingue les arrangements spatiaux selon qu'ils simplifient les choix, qu'ils simplifient la perception, ou qu'ils simplifient les calculs internes. Dans la partie finale, je tire quelques conclusions.

Penser les activités quotidiennes

Mon approche est clairement interactionniste : pour comprendre le comportement humain et concevoir des robots capables d'évoluer dans des environnements dynamiques complexes, nous devons explorer l'interaction entre l'agent et son environnement. Jusqu'à un certain degré, les êtres humains mettent en forme, voire même créent, leur environnement qui, à son tour, influence leur comportement et leur développement. Ce processus interactif peut être étudié sur des échelles de temps différentes. À la suite de Hammond *et al.*, 1995, nous pouvons étudier comment les agents ramènent leur environnement à des états qu'ils savent traiter. Ils diminuent ainsi l'incertitude, abaissent le nombre des éventualités à intégrer aux programmes, et réduisent les plans à l'essentiel, car ils peuvent compter sur la constance des choses – elles seront plus ou moins comme elles devraient l'être. Les processus de stabilisation discutés par Hammond correspondent au long terme.

Mais nous pouvons également étudier les processus interactifs à moyen et court terme, par exemple comment des agents organisent leur lieu de travail en vue de tâches particulières, et comment ils le gèrent au fur et à mesure. Pour prendre un exemple, un cuisinier engagé dans un travail à la commande va équiper sa cuisine

des ustensiles et des ressources standard qui lui seront régulièrement nécessaires – *i. e.*, selon une structuration à long terme. Mais, pour une commande particulière, par exemple une omelette aux champignons avec du pain grillé au blé entier et des galettes de pommes de terre, il devra préparer spécifiquement son lieu de travail en vue de cette tâche – disposer les œufs, les champignons coupés, et le nombre requis de morceaux de pain. En organisant le lieu de travail pour une tâche particulière, le cuisinier dispose ses ingrédients de manière à simplifier et réduire au minimum le travail à effectuer dans les phases au *tempo* rapide. Cette préparation du lieu de travail est une structuration à moyen terme de l'environnement.

La structuration à court terme se produit lorsque la disposition des ingrédients et des instruments permet de s'adapter au cours d'une phase exigeante du point de vue cognitif. Une fois entrés dans la phase principale de réalisation de la tâche, les agents, surtout les experts, réorganisent constamment les matériaux pour faciliter :

- le suivi de l'état de la tâche ;
- le calcul, la remémoration ou l'observation des propriétés signalant ce qu'il faut faire ensuite ;
- la prédiction des effets des actions.

Toujours à propos de cuisine, nous avons remarqué que, en cas de commandes multiples, les cuisiniers rassemblent les matériaux nécessaires pour les réaliser, laissant couteaux, fourchettes et autres ustensiles à proximité de l'ingrédient à utiliser dans la préparation suivante, comme s'ils marquaient ainsi leur place dans un plan.

Dans cet article, je m'appuierai sur plusieurs présupposés qu'il vaut mieux expliciter dès à présent, puisqu'ils feront office d'instruments d'interprétation des comportements.

1) Les agents observés sont, sinon toujours des *experts*, du moins de bons praticiens dans l'exécution des tâches concernées, bien qu'il s'agisse souvent d'activités quotidiennes.

2) Pour ces experts, l'information requise pour procéder à des choix est disponible *localement*, et ils n'ont besoin ni de planifier simultanément, ni d'user de processus analytiques conscients.

3) Les experts s'assurent qu'ils disposent localement des informations suffisantes en structurant informationnellement leur environnement au fur et à mesure.

4) Les environnements humains de l'action, les équipements et les surfaces qui constituent chaque espace de travail, sont largement préstructurés de façon à compenser les limitations du pouvoir de traitement de l'information et de la mémoire.

Je m'attacherai particulièrement à l'examen du point 3) : comment structure-t-on informationnellement l'environnement ? Cependant, pour disposer d'une perspective correcte sur cette approche de l'activité quotidienne incarnée, les points 2) et 4) méritent également d'être développés.

Les experts ne planifient quasiment pas

Du point de vue comportemental, l'expert se caractérise par son efficacité et une certaine robustesse. D'un point de vue théorique, la marque de l'expertise est un savoir suffisant pour faire face aux éventualités normales sans avoir quasiment à planifier. Un facteur important dans l'assemblage de ce savoir est la perception experte : disposer des bonnes catégories perceptuelles et savoir comment repérer visuellement les propriétés saillantes (Chase & Simon, 1973). On reconnaît généralement que pour les experts la contrainte locale sur ce qui devra être fait ensuite est énorme (Charness, 1981). L'entraînement a adapté les systèmes perceptifs des experts aux micro-caractéristiques et aux indices qui correspondent à l'action efficace, ainsi qu'aux conditions pratiques qui président à leur mobilisation (Agre & Chapman, 1987 ; Brooks, 1991 ; Kirsh, 1991a et 1991b).

Rasmussen (1980, 1986) et Reason (1990) ont développé ce point en détail. Une fois qu'un expert a déterminé ses objectifs – le plat à préparer pour le dîner, par exemple –, l'essentiel de ses actions ultérieures sera contrôlé par le savoir-faire (*skills*) ou par les règles (voir aussi Norman, 1981 ; Rouse, 1981 ; Agre, 1997). Ces structures de contrôle sont supposées extrêmement sensibles à l'environnement présent.

Concernant le savoir-faire, cette sensibilité est automatique et non réfléchie. Quand on se prépare une tasse de thé chez soi à la cuisine, on s'adapte « automatiquement » à l'orientation du robinet, de la bouilloire, des tasses, à la pression de l'eau. On trouve automatiquement le sachet de thé, le lait, la théière, et ainsi de suite. Ces actions sont irréfléchies comme le sont les habitudes. Autrement dit, ces actions sont intentionnelles, tout en n'étant pas issues de délibérations.

Concernant les règles, cette sensibilité est aussi pour une grande part non réflexive et automatique car elle est déclenchée par la perception d'une information. Mais si une règle est invoquée, c'est parce que l'agent se rend compte que quelque chose d'imprévu s'est produit : à lui seul, le savoir-faire ne suffit plus à maintenir l'action sur ses rails et des mesures correctives doivent être prises. Par conséquent, le besoin d'une réponse basée sur des règles est créé par un contrôle de la conduite par l'attention, contrôle qui relève de l'activité régulée par le savoir-faire. Une fois qu'une interruption a été remarquée, la correction correspondante est déterminée par l'une des règles dont l'expert dispose

dans son arsenal. Par exemple, si l'on découvre une cuillère sale en servant le thé, dans les circonstances normales, on se mettra à l'essuyer sans réfléchir, on ira en chercher une autre dans le tiroir, ou l'on fera ce qu'il faut pour remettre le processus sur ses rails. Même les activités routinières dans les environnements familiers engendrent constamment de tels problèmes. On sait que pour les résoudre, les experts trouvent dans la situation les indices suffisants leur permettant de mobiliser une règle connue. Ils évitent d'interrompre l'activité, d'examiner consciencieusement et analytiquement la situation, et de raisonner ou de délibérer au sujet d'une solution.

Le traitement analytique conscient – la délibération, comme je l'ai appelée –, intervient quand les choses commencent à trop échapper au contrôle pour qu'on se satisfasse des règles existantes afin de réparer le processus. Alors seulement, l'agent doit prendre en considération des faits et des objectifs non locaux, de manière à établir un plan pour remettre l'action sur ses rails, ou pour trouver une nouvelle manière d'atteindre le but. En conséquence, la plus grande partie de l'activité d'un expert est non délibérée et localement dirigée.

Les experts asservissent leur environnement

Les experts utilisent deux techniques évidentes pour augmenter le temps passé à agir selon les deux modes de contrôle de l'activité que sont le savoir-faire et les règles. La première consiste à étendre le nombre des cas couverts par leur savoir-faire et les règles, ce qui leur permet de faire face à des environnements plus divers et plus incertains. La seconde consiste à incorporer dans ce savoir-faire et ces règles un facteur de stabilisation de l'environnement qui tend à faire décroître sa variabilité. Les experts asservissent l'environnement au fur et à mesure de l'accomplissement de leurs activités. L'espace devient alors très important.

Un asservisseur est un dispositif destiné à stabiliser un processus, un mécanisme pour réduire les degrés de liberté d'un objet cible. Pensez à un étau, au-dessus d'une table, ou aux rails du tiroir d'une commode qui déterminent la direction du mouvement. Asservir l'environnement est une manière de le préparer et de le structurer. Plus un environnement est préparé, et plus facile sera l'accomplissement d'une tâche.

Nous pouvons établir une distinction logique entre le fait d'asservir informationnellement l'environnement et le fait de l'asservir physiquement, bien qu'en pratique les deux aillent souvent ensemble. Dans un cas, on incorpore de l'information à l'environnement de manière à réduire les degrés *perçus* de liberté, dans l'autre, on y dispose des contraintes physiques et des entraves afin de diminuer les degrés *physiques* de liberté. Au niveau le plus simple, la différence se situe entre les contraintes et les indices. Lorsqu'il asservit informationnellement un

environnement, un agent arrange (consciemment ou non) certains de ses éléments pour attirer l'attention, pour déclencher, en lui-même ou chez quelqu'un d'autre, des événements ou des processus cognitifs à partir d'indices.

Par exemple, les responsables de supermarchés réussissent à biaiser les choix des consommateurs en disposant des promotions en tête de gondole, en concevant des panneaux tapageurs, ou en augmentant la longueur des étagères dévolues à certains produits, etc. Ces procédés modifient les choix perçus par le client. Mais ils ne limitent pas réellement l'ensemble des actions physiquement possibles. Asservir physiquement l'environnement, c'est arranger (consciemment ou non) certains de ses éléments dans le but de contraindre physiquement l'action. Ainsi, coincer une cale sous une porte sert à contraindre la liberté physique d'un agent. Si l'on escompte que l'agent remarquera la cale, alors elle servira d'indice, d'asservissement informationnel. Mais il y a beaucoup de cas où la contrainte physique reste inaperçue ; elle n'agit alors qu'en tant qu'asservissement physique.

Je m'intéresserai d'abord aux façons d'arranger des items pour asservir informationnellement l'environnement. Comme on l'a déjà noté, celles-ci incluent une variété de techniques pour établir des indices, mais ne s'y limitent pas. Par exemple, l'ensemble des actions perçues comme possibles peut être réduit en cachant ou en occultant partiellement des objets. Certains menus de logiciels, qui n'affichent que quelques-unes des options disponibles, en sont un exemple. Les pratiques des personnes au régime, qui conservent pour éviter de grignoter certaines denrées dans le placard à provisions à l'extérieur du frigidaire, en sont un autre. Ce qui reste hors de la vue demeure aussi hors de l'esprit. Ici, les arrangements servent à contraindre la perception plutôt qu'à la guider par des indices.

Néanmoins, la disposition d'indices est la méthode clé pour structurer informationnellement un environnement. Les agents « ensemencent » l'environnement avec des objets ou des structures destinés à attirer l'attention. Ceux-ci peuvent servir non seulement à réduire les choix perçus mais aussi à influencer l'ordre des actions à entreprendre. Quand je pose un rouleau de pellicule devant la porte, par exemple, j'utilise l'espace pour créer un pense-bête qui m'empêchera de sortir sans me rappeler mon intention de faire développer le film aujourd'hui. Les pense-bêtes requièrent habituellement des éléments destinés à attirer l'attention. Par exemple, des caractéristiques inhabituelles dans un contexte, tels une couleur surprenante, un son ou une odeur inattendus, incitent souvent à la réflexion, tout comme le fait d'être juste à la bonne place pour être utile dans une tâche donnée. Si de tels dispositifs fonctionnent, c'est parce que la connaissance que nous avons de nos tâches et de nos plans est telle que, lorsqu'au cours d'une activité nous remarquons ces événements ou ces surprises, nous nous souvenons

d'aspects de nos tâches qui doivent être exécutés. En cas de succès, ils captent notre attention au bon moment, nous alertent sur les occasions que nous aurions pu manquer, ou réduisent la probabilité de réaliser l'erreur dite « de la double prise ». Ce type d'erreur se produit quand on ne remarque pas un choix pertinent, ou un changement dans les circonstances, si bien qu'« une activité courante se substitue subrepticement à celle que l'on voulait faire » (Norman, 1988, p. 107)¹.

Dans la suite du texte, je me pencherai sur les manières d'utiliser des arrangements spatiaux pour structurer ou asservir informationnellement l'environnement, ce qui concerne surtout des façons de maintenir son attention correctement orientée. On peut noter que des environnements qui sont déjà consacrés à certaines tâches incorporent quelques-unes de ces idées : la plupart des environnements liés à des tâches sont préstructurés.

Les environnements préstructurés

Soit un agent particulier A, doté d'un savoir-faire S et de règles R. Un environnement E est correctement préparé pour une tâche particulière T si, à chaque fois qu'un choix est requis, cet environnement fournit les ressources physiques et informationnelles suffisantes pour déterminer localement les choix de A. D'abord, E devra être suffisamment riche en structures physiques utiles pour la tâche. Par exemple, E devra contenir des outils et des surfaces qui faciliteront la satisfaction des préconditions nécessaires pour réaliser T. Ainsi, cuisiner implique de nombreuses tâches, telles que hacher, découper, ou trancher ; nous trouvons des cuisines équipées de couteaux à portée de main et de surfaces dures et planes – deux préconditions évidentes pour la plupart des actions de découpe. Ensuite, un environnement bien conçu doit aussi être riche en structures informationnelles utiles – indices, etc. –, qui permettent de satisfaire les exigences cognitives de la tâche.

Par exemple, on trouve dans la plupart des cuisines des horloges, des thermomètres, des éclairages pour le four et, bien sûr, des réglages de la température pour nous aider à voir où nous en sommes dans le cours d'action et ce qui doit être fait ensuite (Agre & Horswill, 1992). Ces appareils peuplent le monde de propriétés pertinentes pour les tâches, aisément disponibles. Les soupapes de fonctionnement crépitent lorsque la pression s'élève, et les bouilloires sifflent ou s'éteignent automatiquement.

La distinction que nous avons introduite *supra* entre un asservissement purement informationnel et une structure purement physique peut être plus

1. Exemple : « Je vais dans ma chambre pour me changer et me rends compte, après un moment, qu'au lieu de revêtir une tenue confortable pour la soirée, je suis en train d'enfiler mon pyjama, comme pour aller me coucher. »

rigoureusement établie. Une action qui structure l'environnement d'une façon purement informationnelle n'accomplit rien qui ne pourrait également être réalisé en questionnant un oracle. En revanche, les actions qui structurent physiquement l'environnement réduisent la complexité physique d'une tâche en satisfaisant soit des préconditions, soit des conditions d'arrière-plan de l'action.

Cela demande une explication. Un oracle est un dispositif qui peut répondre en temps utile à tout problème particulier de décision. Nous pourrions demander à un oracle : « Que devrais-je faire compte tenu de ma situation actuelle et de mes objectifs ? » ou « Quels sont les effets probables de la réalisation de cette action dans ce contexte ? » ou même « Quel est l'état actuel de l'environnement ? ». Si la question est bien posée, l'oracle apportera « instantanément » la réponse correcte. Les oracles dispensent du calcul. Mais ils ne peuvent pas dispenser de l'exécution physique. Les oracles ne peuvent pas faire cuire un œuf ni le découper en tranches ; ils ne pourront jamais rapprocher physiquement un agent de ses objectifs [...] ni lui conseiller comment continuer, où trouver un élément particulier.

Des arrangements peuvent être faits pour accommoder les objets tant mentalement que physiquement. Restructurer l'environnement a souvent une fonction cognitive : réduire le coût de la recherche visuelle, faciliter l'attention, identifier des événements ou se les rappeler et, évidemment, simplifier la représentation que l'on a de la tâche [...].

Utiliser l'espace pour simplifier les choix

À première vue, un choix est le produit d'une recherche – une recherche visuelle des actions réalisables à un moment donné et une recherche mentale de leur désirabilité. En simplifiant l'une et l'autre recherches, l'arrangement de l'environnement réduit la charge de calcul des agents. En traitant un problème à l'aide d'informations obtenues par des indices ou des contraintes, on peut viser différents objectifs :

- 1) réduire l'éventail des actions perçues comme réalisables au moment où une décision doit être prise ;
- 2) éliminer le besoin de recourir à des décisions ;
- 3) ajouter de nouvelles propriétés heuristiques pour simplifier le classement de la désirabilité des actions.

Reprenons chacun de ces points.

Réduire l'éventail des actions perçues

Voir qu'une action peut être choisie revient à remarquer qu'elle constitue une *affordance* de la situation courante. Brièvement définie, l'*affordance* d'une situation est une voie ouverte par la situation elle-même (Gibson, 1977). Un récipient

vide appelle son remplissage, une télévision en marche sollicite le regard, et un marteau une action de frappe. Du fait de leur nature relationnelle, nous devons lier les *affordances* au répertoire d'actions d'un agent. Une télévision ne sollicite pas le regard d'une personne aveugle ; un marteau ne constitue pas une *affordance* de frappe pour une créature sans main. Une situation offre une *affordance* pour un agent en particulier. De plus, nous pouvons modifier les *affordances* d'un objet en changeant le contexte. Une fois mise à l'intérieur d'une boîte, une télévision n'offre plus d'*affordance* ; dans un environnement dénué de tout liquide, une tasse ne présente pas une *affordance* de remplissage. Par conséquent, nous utiliserons le terme d'*affordance* pour désigner une propriété dispositionnelle d'une situation. Une *affordance* se définit par un ensemble d'objets organisés selon un certain arrangement en fonction du répertoire d'actions d'un agent donné. Les agents perçoivent une *affordance* quand ils remarquent que l'une de leurs actions possibles est réalisable dans une situation.

Parce qu'un agent n'a pas besoin de remarquer toutes les actions réalisables dans une situation, l'ensemble des actions perçues comme réalisables [...] est sensible aux propriétés de la situation, particulièrement aux arrangements. Voici deux manières d'influencer l'ensemble des actions perçues :

- dissimuler les *affordances* : contraindre ce qui est vu comme réalisable ;
- mettre en valeur les *affordances* : disposer des indices pour attirer l'attention sur ce qui est réalisable.

Les aménagements intelligents de l'espace jouent sur les deux tableaux.

Cas 1 : les chaînes de production dissimulent les affordances

Les chaînes de production ont existé bien avant Henry Ford. À chaque fois que nous décomposons sériellement une tâche complexe en divisant l'espace selon plusieurs postes fonctionnels affectés à l'exécution des sous-tâches spécifiques, nous créons une chaîne de fabrication. Bien sûr, Ford a ajouté une conception technologique de la chaîne. Mais le principe reste le même : en régionalisant les sous-tâches, nous limitons le genre d'action qu'un agent pourra prendre en considération pour agir. Seuls certains *inputs* peuvent entrer dans chacun de ces segments de l'espace ; seuls certains types d'outils y sont disponibles ; un nombre limité d'actions s'y présente sous la forme d'*affordances*. Chaque segment de l'espace crée en quelque sorte un contexte pour une tâche, un cadre au sein duquel certaines compétences et certaines règles sont appropriées. Ceci a pour effet de diminuer l'éventail des options perçues et d'éliminer le besoin de mémoriser quoi que ce soit d'autre que les étapes les plus abstraites d'un plan.

Par exemple, dans ma cuisine, une tâche aussi simple que préparer une salade révèle une chaîne de fabrication latente, puisque je lave les légumes dans l'évier puis les tranche sur une planche à découper. Plus précisément, je rassemble tous les légumes que je projette d'utiliser, puis je les pose à proximité

de l'évier. Après avoir été lavé, chaque légume est placé de côté et séparé des légumes sales. Quand tous ont été lavés, je les transporte près de l'endroit où mes couteaux sont rangés, et je commence à découper chacun d'eux de la manière appropriée.

L'examen de cette tâche révèle deux usages de l'espace :

1) en divisant l'espace en deux zones autour de l'évier, je sépare les légumes en fonction de leur propreté – un cas limite (binaire) d'utilisation de l'espace pour simplifier la classification (cf. *infra*) ;

2) en divisant la pièce en plusieurs postes affectés à l'exécution de sous-tâches, je restreins la gamme des actions possibles en chacun d'eux à un petit sous-ensemble d'actions qui peuvent en principe s'appliquer à chaque ingrédient.

Le matériel et les surfaces d'un poste projettent un cadre d'action ou un contexte d'activité au sein duquel seule une fraction de toutes les actions possibles sera prise en compte. Une fois un contexte d'action projeté, les *affordances* locales font clairement voir ce qui peut et doit être fait. Si une tomate était perçue de manière isolée, un cuisinier voulant préparer une salade pourrait envisager de la découper, de la laver, et de la placer directement dans un saladier, ou même de la manger sur le champ. Pour exécuter la plupart de ces tâches le cuisinier devrait d'abord trouver le matériel pertinent, le couteau, l'évier, le plat, etc. La tâche exacte qu'il exécutera dépendra de sa situation dans le plan. L'intérêt d'une décomposition spatiale des tâches est d'éviter d'avoir à consulter un plan, sinon au plus haut niveau, pour savoir quoi faire. Chaque contexte d'activité offre une gamme restreinte de possibilités d'action. Une fois les légumes posés près d'un couteau et d'une planche à découper, on ne pense pas à les laver, à moins que leur saleté n'attire votre attention sur la présence d'un problème. De même, une fois posé à côté de l'évier, un ingrédient sec se voit doté, en quelque sorte, d'une étiquette qui proclame : « lavez-moi ! ». Un cuisinier entrant dans la pièce peut rapidement trouver ce qui doit être fait, car il dispose de suffisamment d'informations dans l'environnement. Les chaînes de fabrication sont des exemples de dissimulation des *affordances* parce que le contexte d'action qu'elles créent restreint la gamme des actions immédiatement accessibles à celles qui sont « prêtes à l'emploi » : une fois réunis couteau et planche à découper, les actions de découpe sont « fin prêtes », alors que les opérations de lavage ne le sont pas (voir fig. 2).

Cas 2 : utiliser des indices pour bloquer des actions

Les chaînes de production industrielle empêchent souvent les ouvriers de se déplacer autour des endroits où sont entreposés les outils, réservant ainsi leur utilisation à certains d'entre eux. Par conséquent, certaines actions sont non seulement oubliées, mais également interdites d'accès. En revanche, dans certaines

cuisines domestiques, il arrive qu'une même personne ait un nombre important de tâches à accomplir ; les postes de travail ne sont pas fixés et les outils changent de place. Par conséquent, tout en disposant de cadres pour l'action ou de contextes pour nos tâches qui contribuent à soustraire à la vue un ensemble d'actions, qui en principe sont accessibles, nous ne nous trouvons pas dans l'incapacité physique ou sociale de les exécuter. Pour qu'il devienne impossible de réaliser ces actions, il faut qu'un élément de l'environnement restreigne la liberté physique de l'agent. Par exemple, nous pouvons bloquer l'un des deux sens d'ouverture d'une porte battante à l'aide d'une cale. On peut toujours ouvrir la porte, sauf dans la direction bloquée. Cette action est physiquement non disponible. Nous appelons « blocage » l'opération qui consiste à modifier l'environnement de la tâche afin d'éliminer des degrés de liberté.

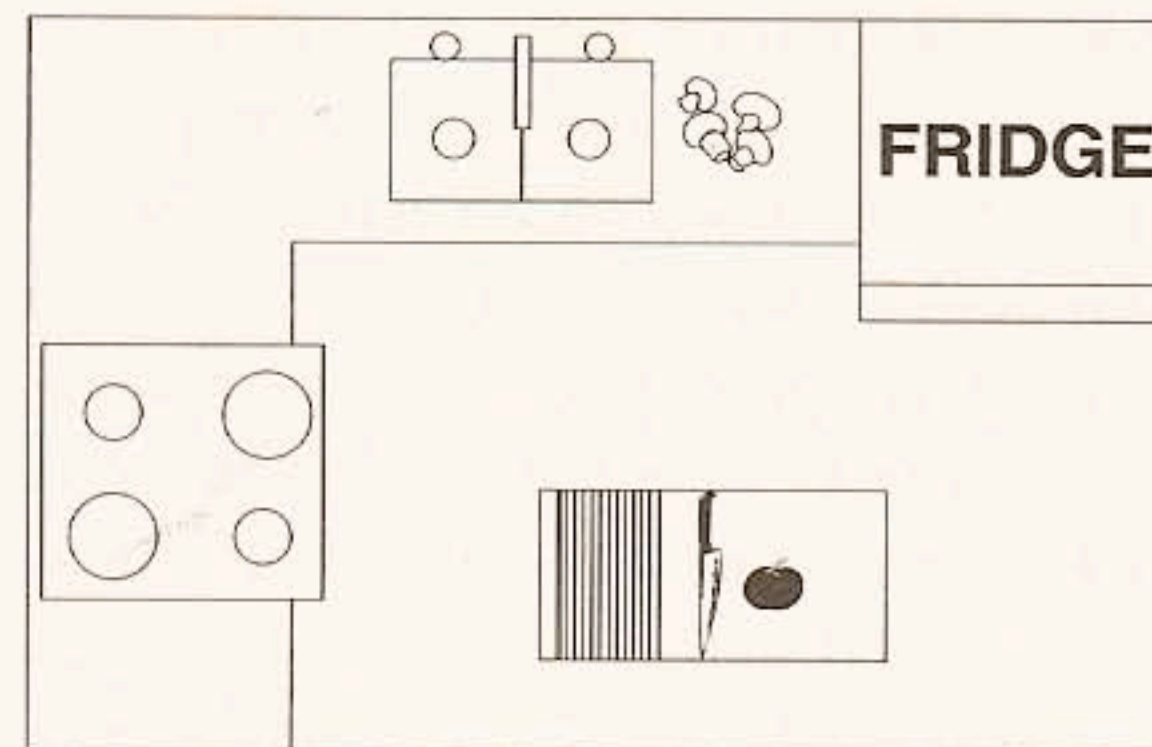


Fig. 2. Ce schéma montre une cuisine typique, où sont distribués des postes pour hacher les aliments, utiliser les brûleurs, cuire et nettoyer. Alors que, dans les cuisines professionnelles, des personnels distincts peuvent occuper chacun de ces différents postes, dans les cuisines domestiques, le même agent se déplace de poste en poste, souvent en déplaçant ses outils avec lui. Dans le cas d'un cadre d'action ou d'un contexte d'activité déclenché par l'équipement et les surfaces d'un poste de travail, les options effectives ne représentent qu'une fraction des actions possibles. Cela réduit la complexité du choix en créant une chaîne de fabrication. Une chaîne de production fonctionne correctement quand 1) une tâche globale peut être spatialement décomposée en plusieurs sous-tâches et 2) que le produit de chaque sous-tâche induit le commencement d'une autre. Cela a pour effet de diminuer l'éventail des options perçues, et d'éliminer le besoin de mémoriser un plan.

Voici un autre exemple : ceux qui disposent de broyeurs à ordures savent que des ustensiles, des couteaux ou des cuillères peuvent se glisser à leur insu dans l'appareil qui, une fois mis en route, les détruit. Pour empêcher cela, un stratagème courant consiste à couvrir l'ouverture d'un bouchon, ou, à défaut, à faire

Le blocage limite les *affordances* disponibles en modifiant le contexte de l'action de manière à inhiber certaines conditions. Ce changement est rarement permanent – la cale qui bloque la porte peut être retirée. Le plus souvent, cette modification est faite pour être remarquée ; elle signale qu'une précondition a été intentionnellement suspendue. Certains arrangements spatiaux nous disent : « ne fais pas ça ! ». Ils indiquent une interdiction. La figure 2 en donne un exemple.

Dans les installations physiques, les mécaniciens laissent régulièrement traîner des chiffons sur les manettes ou sur les conduites chaudes afin de prévenir les brûlures. En plaçant un item fonctionnellement significatif à une place fonctionnellement signifiante, le mécanicien crée un pense-bête ou un avertissement pour lui-même et les autres.

en sorte que cette ouverture ne soit pas accessible avant que les couverts aient été déposés dans un même évier. La bouche du broyeur est alors bloquée avant d'avoir pu avaler les ustensiles.

Dans ces exemples, le contexte physique n'est pas modifié de façon irréversible. Interrompre le blocage d'une précondition est aussi facile que sortir un couteau du tiroir pour découper une tomate. Mais l'essentiel de la distinction réside dans le fait qu'un chiffon posé sur une conduite, ou un bouchon dans un évier, ne sont pas seulement des obstacles physiques pour l'action ; dans la plupart des cas, ils constituent des indices intentionnels, dotés de signification. Une cale visible, une pince, un sabot posé sur une voiture, une barre sur le volant, une obstruction quelconque, de telles entraves physiques ne font saillance que si l'on connaît le fonctionnement d'un appareil. En principe, n'importe quelle précondition facile à remarquer peut être mise en évidence pour signifier qu'une voie particulière est obstruée, irrégulière, contaminée, ou bloquée. Mais le procédé encore le plus fiable consiste à compter sur les « représentations fidèles » (Norman, 1988) qui satisfont aux conditions psychologiques nécessaires pour être de bons indices. Ainsi, l'absence d'un couteau est un moins bon indice que la présence d'une paire de maniques. Cela dit, une convention peut être adoptée selon laquelle presque n'importe quel arrangement peut être utilisé pour marquer un interdit. Par exemple, une table entièrement dressée indique qu'elle est préparée pour quelque chose de spécial : les activités qui sont habituellement exécutées sur une table (comme écrire, boire du thé, etc.) sont alors bannies.

Cas 3 : les arrangements qui attirent l'attention sur des affordances

Nous avons vu deux manières de réduire l'ensemble des options perçues d'un agent en structurant l'espace de travail. La première élimine des actions en réduisant le nombre d'*affordances* : certaines actions ne sont pas perçues comme disponibles à un moment donné ; la seconde élimine la prise en compte de certaines actions par des interdictions – grâce à des indices qui véhiculent le message : « ne fais pas ça ».

D'autres exemples d'arrangements créés pour attirer l'attention, ou mettre en valeur des *affordances*, sont moins évidents. Pourtant, ils sont bien utilisés. Nous pouvons en distinguer deux sortes :

- 1) les arrangements qui font ressortir la chose évidente à faire ;
- 2) les arrangements qui mettent en valeur des choses qu'il est opportun de faire.

Les deux types d'arrangement diffèrent selon le caractère plus ou moins habituel de l'action indiquée. Par exemple, les gens qui emballent les articles aux caisses dans un supermarché se fient étroitement à leur savoir-faire. Leur

connaissance accumulée des articles à emballer et leur vision de l'espace disponible pour les ranger les aident à développer des routines pour résoudre leurs problèmes d'emballage. Entre autres ingéniosités, ils aménagent une zone tampon pour les aider à bien voir les propriétés manifestes des objets.

Pour ensacher des articles d'épicerie, une règle simple consiste à mettre au fond du sac les grands articles lourds et à placer les articles plus fragiles par-dessus, les articles intermédiaires étant répartis partout où cela est possible. Le flux des marchandises encaissées correspondant rarement au rythme de l'ensachage, l'ensacheur est forcé de créer une zone tampon. Les ensacheurs les plus doués commencent par créer des groupes d'articles dans la zone tampon : les articles fragiles, comme les œufs ou les pâtes fraîches ; d'autres articles qui doivent rester droit, comme les framboises, les tranches de gâteau ; des articles qui ne craignent rien et peuvent servir à amortir, comme des magazines. Le choix des catégories de regroupement n'est pas plus arbitraire que celui de leur emplacement. Des observations informelles montrent que certaines classifications sont standards et que les articles posés dans les tas ont le plus de chances d'être utilisés les premiers.

L'ensachage des articles d'épicerie est un processus interactif complexe dont le contrôle oscille entre l'orientation interne par le but – « j'ai besoin maintenant d'un objet intermédiaire » – et la régulation par feedback – « puis-je mettre cet article dans l'un des sacs déjà utilisés ? ». En partitionnant l'espace en fonction d'ensembles identifiables – « il me faut un objet lourd ; il y en a un tas ici à côté de la caisse » – l'agent réduit la complexité du choix. Cela fonctionne de plusieurs manières. En premier lieu, en créant des classes d'équivalence pour les articles – lourds, intermédiaires, fragiles, petits –, l'ensacheur facilite le repérage et la prise de certains types d'article. Trois petits articles regroupés ensemble aident à voir et à se rappeler où se trouve un article de petite taille. Ensuite, l'urgence avec laquelle un article d'un certain type doit être ensaché est fonction de la taille visible du tas dans lequel il se trouve sur la zone tampon. La taille contribue à attirer l'attention : plus grand est le tas, et plus il incitera à l'utiliser tôt. En conséquence, l'agent aura tendance à moins oublier les articles mis dans les tas les plus hauts. Donc, toutes choses égales par ailleurs, ces derniers auront plus de chances d'être immédiatement ensachés. Troisièmement, les articles situés le plus près du centre de l'espace de travail auront plus de chances d'être remarqués lors d'un balayage visuel au cours de l'emballage. Par conséquent, toutes choses égales par ailleurs, ils ont également plus de chances d'être rapidement ensachés. Il n'est guère étonnant que quand on les interroge, les ensacheurs admettent qu'ils réservent souvent cet espace central pour les articles qu'ils ont l'intention de prendre immédiatement. Dans chaque cas, le placement des articles sert à faire ressortir des traits spécifiques et utiles.

Le regroupement met en valeur la catégorie fonctionnelle d'un ensemble d'articles ; la hauteur des tas souligne l'urgence ; et la centralité fait ressortir ce qui doit être immédiatement utilisé. Ainsi mise en évidence, chacune de ces caractéristiques influence le choix.

Une deuxième façon d'attirer l'attention consiste à agencer l'environnement de façon à accroître les chances de remarquer des possibilités régulièrement inaperçues : cette pratique, fort répandue par ailleurs, consiste à « semer des opportunités » (fig. 3). Presque toutes les activités comportent des produits dérivés et des effets secondaires, dont certains peuvent être réutilisés. Par exemple, lors de la réparation d'une vieille voiture, les écrous et les boulons retirés lors du remplacement d'une pièce usée sont rarement jetés immédiatement, car ils peuvent s'avérer utiles pour fixer la nouvelle pièce, ou, plus tard, pour des réparations ultérieures. « Ne jetez pas ce qui peut encore être utile » est une recommandation, certes conservatrice, mais également rationnelle. Cependant cela a un coût : plus on garde d'articles, et plus l'espace devient encombré ; les opportunités d'agir deviennent difficiles à remarquer. Comment les agents se débrouillent-ils alors avec leurs détritits ?

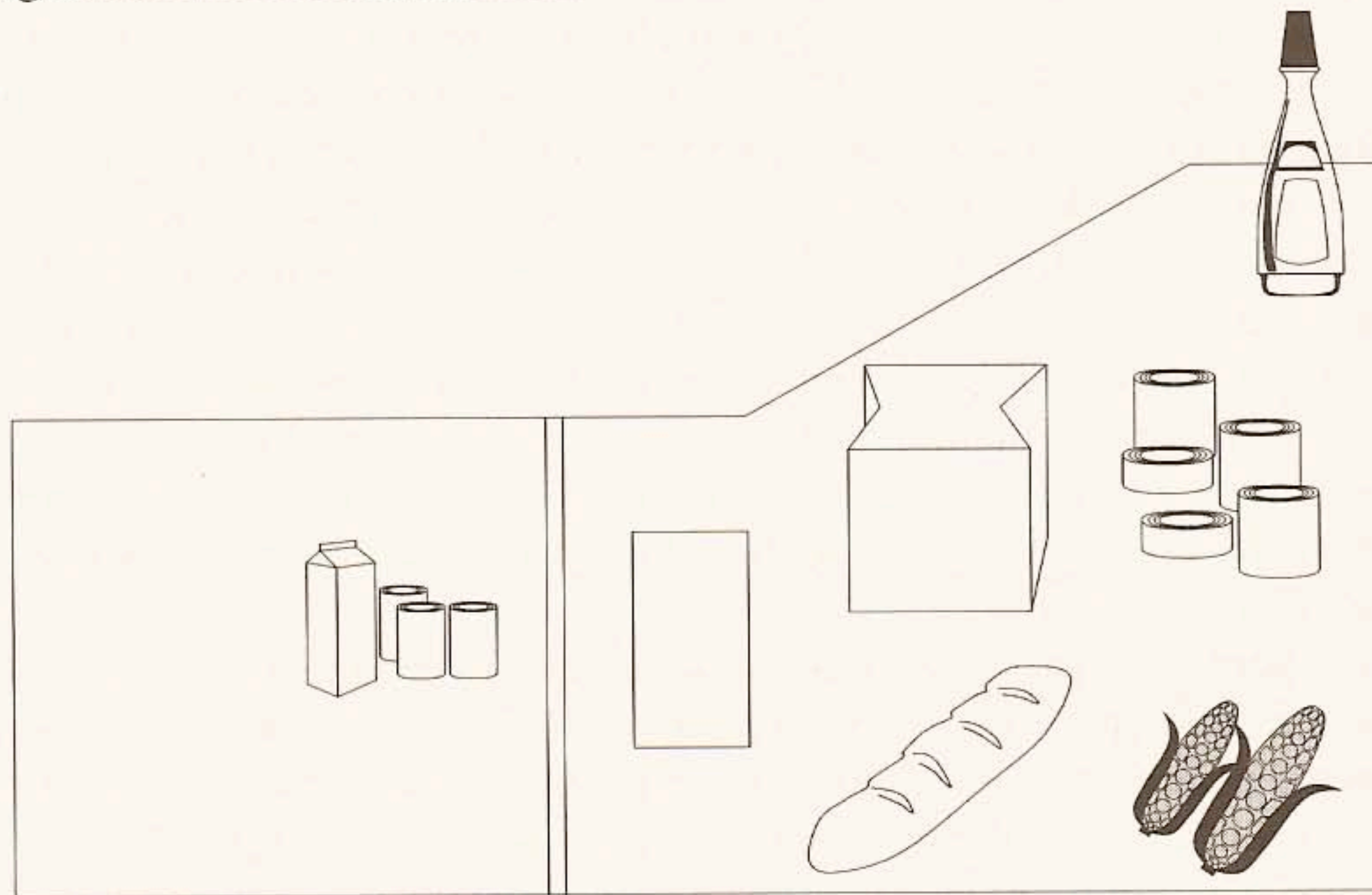


Fig. 3. Une situation typique à la caisse d'un supermarché montre comment il est possible de semer dans l'espace environnant des regroupements d'articles attirant l'attention. Les ensacheurs habiles élaborent des zones tampon qui regroupent des articles en fonction de leur usage, selon des critères tels que « fragile », « lourd », « à maintenir droit ». Les articles regroupés dans les tas les plus proches seront plus rapidement pris que les autres. L'objectif du regroupement est de rehausser les affordances des articles. Les articles lourds offrent des affordances de support, les articles fragiles des affordances de protection, etc. Plus les ensacheurs apprennent à gérer l'espace autour de la caisse et plus ils emballent vite et efficacement. Non seulement ils disposent immédiatement de ce dont ils ont le plus besoin, mais encore ils peuvent voir ce qu'ils ont et donc simplifier leurs choix.

Le principe d'une gestion intelligente des produits dérivés consiste à laisser traîner tout ce qui peut nourrir l'opportunisme. L'opportunisme consiste à tirer parti des occasions fournies par l'environnement pour atteindre un but qui n'a pas été fixé à l'avance – les objectifs opportunistes restent en dehors du contexte du sous-but poursuivi. De plus, il est important que le coût impliqué par la réalisation du but opportuniste reste inférieur à la normale – le contexte fournit à l'agent une occasion en or.

Les pratiques des menuisiers fournissent un exemple « d'opportunisme cultivé ».

Quand il est en train de fabriquer un meuble, un menuisier met régulièrement de l'ordre autour de lui. Mais jamais complètement. Des petits morceaux de bois sont poussés de côté ou bien laissés à l'écart ; les outils, tournevis et maillets sont conservés tout près. Le motif régulièrement avancé est « qu'ils feront bien l'affaire ». En cas de serrage, de martelage ou de mise sous pression, les chutes pourront servir à protéger des surfaces contre la déformation. Elles pourront aussi servir à surélever une pièce durant le vernissage, pour lui éviter de coller. Et ainsi de suite.

En acceptant tranquillement un encombrement relatif, un agent multiplie les chances d'obtenir quelque chose sans peine. Mais n'importe quel emplacement ne fera pas l'affaire. Pour semer l'environnement de la manière la plus efficace, il est nécessaire de disposer les objets aux endroits qui ont le plus de chances de manifester leurs *affordances*. Cela n'est pas toujours facile, étant donné le nombre d'*affordances* d'un même objet. Il est donc important de savoir quelles *affordances* vont être utiles, à quel moment, et comment les disposer de façon à ce qu'elles attirent l'attention juste au bon moment. Donc, faciliter l'opportunisme revient à trouver comment disposer le matériel, les produits intermédiaires, et les chutes sur le lieu de travail de manière à mettre en évidence des *affordances* particulières.

Si l'agent a un système pour placer les objets – « je garde toujours les petits morceaux utiles par là », – leur *affordance* sera connue. Mais lorsque des groupes d'objets, organisés selon leurs *affordances*, sont élaborés en cours de route, l'agent a une meilleure chance de remarquer des opportunités. En voici un exemple extrait d'observations de compositions florales : lorsque l'on compose un bouquet de fleurs, il est fréquent de conserver à proximité des sous-produits, telles que brindilles et fougères, au cas où ils se révéleraient utiles pour parfaire la composition. Les éléments qui paraissent susceptibles d'être les plus utiles sont gardés le plus près. La disposition spatiale partitionne les sous-produits en catégories d'usages possibles.

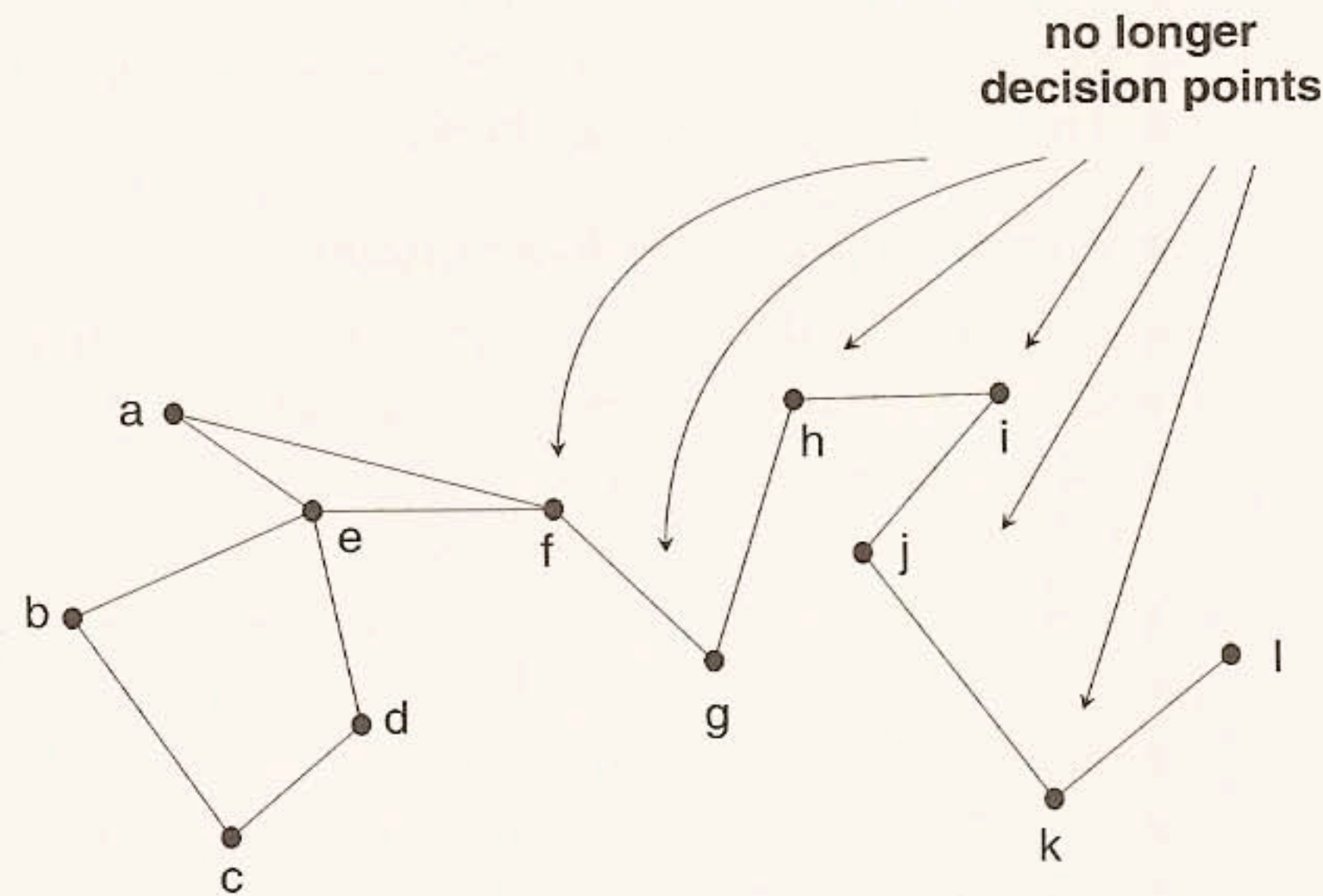
En général, préstructurer l'attention pour influencer un choix consiste à saisir une occasion ou à la laisser passer. Mais si l'on sait à quoi renvoient les

indices et comment les agents peuvent en faire des marqueurs significatifs, on peut espérer construire des systèmes pour exploiter des indices susceptibles de réduire la complexité des tâches.

Éliminer des décisions

Une décision a été entièrement éliminée lorsqu'un agent n'a plus de choix à faire une fois arrivé à un certain état. Un état peut être au point de jonction de plusieurs actions possibles, ou représenter l'unique issue d'un état antérieur. Dans un cas comme dans l'autre, si un état n'ouvre pas plusieurs possibilités, nous dirons qu'il ne marque plus un lieu de décision (fig. 4).

Fig. 4. Ce graphe nous montre deux types de points où les décisions ont été éliminées. Le premier est *f*: l'agent n'a plus d'autre choix que d'emprunter la seule voie disponible; le second correspond aux points *g, h, i, j, k*: l'agent n'a pas non plus d'alternatives, si bien que sa conduite est déterminée à partir de *f*.



Les bons concepteurs ne cessent de chercher comment diminuer le nombre des décisions

que les utilisateurs doivent prendre. Cela concerne non seulement le nombre d'actions qu'ils doivent considérer à un moment donné mais aussi le nombre de fois qu'ils doivent prendre une décision. Moins un agent dispose de degrés de liberté, et plus simple sera sa tâche, pourvu évidemment que le résultat corresponde à ce qu'il veut. La simplicité ultime est atteinte lorsqu'il n'y a plus qu'un unique degré de liberté, ou, de manière plus réaliste, lorsqu'est complètement réduite la pluralité des degrés de liberté dont on disposait au début de la tâche : le résultat est déterminé balistiquement. Il est forcé.

La plupart des exemples de choix contraint par l'information constituent des cas limites de blocage, de contextes d'actions rétrécis, ou de capture de l'attention. Voici un cas différent montrant comment les propriétés de notre topologie à trois dimensions peuvent être exploitées pour simplifier un problème, et donc, pour supprimer les points de choix antérieurs. Un problème qui se pose souvent aux tailleurs est d'arriver à mesurer sûrement le patron qu'ils ont à découper et à l'enregistrer sur le tissu. Selon la méthode habituelle, on commence par dessiner

un schéma sur du papier puis on reporte le tracé à travers le papier directement sur le tissu. Dans la plupart des cas, le patron du côté gauche peut être créé simplement en retournant le patron droit.

La technique clé pour éliminer des décisions consiste à substituer la soumission (*compliance*) au choix. Une fois que le tailleur a installé son patron en papier, le reste devient balistique. Il n'a pas besoin de prendre de décisions au fur et à mesure pour savoir comment placer les ciseaux : ils vont suivre la ligne marquée à la craie. Il n'est pas non plus nécessaire qu'il calcule explicitement l'image en miroir du gabarit en papier. En exploitant les propriétés topologiques de l'espace d'action, un certain nombre de décisions, autrement nécessaires pour élaborer le vêtement, ont été exclues à dessein du processus. La disposition spatiale et le processus du découpage sont si simplifiés et contraints qu'il n'y a plus vraiment de choix.

Décharger les propriétés heuristiques

La troisième, et dernière, façon d'utiliser l'espace pour simplifier les choix consiste à créer des arrangements qui servent d'indices heuristiques pour indiquer la désirabilité des actions.

Une propriété heuristique est une caractéristique facilement calculable d'une situation locale, qui permet de classer les actions disponibles selon leur plus ou moins grand caractère de désirabilité. Dans la théorie de la décision rationnelle, une heuristique (ou connaissance des cas) est supposée servir comme filtre de plausibilité, qu'il faut activer après qu'un filtre de disponibilité a été appliqué (Elster, 1982). L'information heuristique est censée expliquer comment des options peuvent être classées sur la base d'informations purement locales. La distinction entre ce type d'information locale et le type d'information locale disponible dans les indices d'interdiction, de mobilisation de l'attention, ou de rappel mnésique, n'est ni très nette, ni très facile à faire. Elle peut néanmoins être fondée sur l'examen de l'étendue des informations disponibles. Un indice heuristique, contrairement, par exemple, à un bouchon laissé dans une canalisation, reste opérationnel pour plusieurs occasions de choix. Ainsi, en alignant les légumes en rangées pendant la préparation d'une salade, notre cuisinier crée un indice heuristique, qui peut s'appliquer à plusieurs décisions tout au long de la réalisation de la tâche. Il s'agit donc d'une façon d'arranger le monde qui consiste à le mettre en phase avec le savoir-faire à long terme de l'agent. En conséquence, les coûts de l'installation peuvent être amortis sur la durée de la tâche entière. En revanche, laisser un bouchon dans l'évier, ou poser tout près le prochain article à ensacher, implique d'amortir le coût de l'arrangement par des économies réalisées au cours des actions possibles qui suivent.

Cas 4 : encoder l'ordre temporel des actions

Une des manières les plus évidentes et contraignantes d'utiliser l'espace – à en juger par les conversations, c'est aussi celle qui vient le plus vite à l'esprit – consiste à disposer les articles à assembler selon l'ordre dans lequel ils seront réunis, touchés, utilisés, etc. L'espace encode naturellement des ordres linéaires, et même des ordres de rang supérieur, si l'agent dispose d'un procédé mental d'encodage. L'intérêt évident de l'encodage d'un agencement du monde est de décharger la mémoire. Si je peux disposer les articles de telle sorte qu'ils manifestent l'ordre séquentiel dans lequel ils seront utilisés, alors je ne suis plus obligé de me souvenir de cet ordre, de me le représenter, ou de consulter un manuel, du moins si je sais comment lire l'information à partir des propriétés locales du monde.

Considérons un problème d'assemblage avec deux composantes : le problème de la sélection – quelle est la pièce suivante à attacher ? et le problème du placement – à quel endroit l'attacher et selon quelle orientation ?

Voici un exemple d'arrangement de pièces simplifiant le problème de la sélection : imaginez que vous réparez un alternateur. Une fois l'appareil démonté, contrôlez chaque pièce, remplacez celles qui sont défectueuses, nettoyez celles qui sont usées mais encore utilisables, et réassemblez le tout. Dans un espace de travail peu encombré, il est facile de créer une disposition spatiale géométriquement simple qui rend rapidement et aisément visible la propriété « occupe la position suivante au sein de l'arrangement ». Par exemple, si les articles sont disposés en ligne droite, savoir lequel est le prochain à placer ne demande aucun effort. Décider quelle est la prochaine pièce à utiliser devient trivial, puisque c'est celle qui suit sur la rangée. Dans des espaces de travail plus encombrés, et pour des montages plus difficiles, l'agencement sera souvent plus baroque : des sous-ensembles peuvent être constitués sous forme de groupes où tout demeure en désordre, les écrous et les boulons peuvent être mis dans de petits récipients, les pièces les plus importantes gardées plus près, et ainsi de suite. Dans ce cas, déterminer quelle est la pièce suivante à utiliser peut s'avérer beaucoup moins facile.

Du point de vue « computationnel », le fait de disposer d'un agencement comporte des avantages évidents. [...] La recette, lorsqu'on utilise l'espace pour encoder un ordre de placement est d'avoir un agencement qui peut facilement être extrait d'un arrangement manifeste. Intuitivement, les classements linéaires proposent justement un tel arrangement ; la position suivante y a une signification naturelle. De plus, arranger des parties de façon linéaire présente l'intérêt supplémentaire de rendre difficile un mauvais placement des articles. Si toutes les parties sont sur une même ligne, vous savez où regarder. Il n'est guère étonnant que ces ordres linéaires soient répandus. Néanmoins la linéarité comporte aussi un risque : plus la rangée des pièces est longue, plus il sera facile

de mettre une pièce à la mauvaise place. Par conséquent, pour des raisons de fiabilité, les assemblages qui comportent de nombreuses pièces gagnent à être placés dans un groupe compact. Les propos les plus anecdotiques confirment la popularité de ces petits groupements : les boulons et les écrous sont rangés ensemble, les pièces à monter ensemble sont regroupées à part. En outre, un ordre linéaire simple n'est pas une structure assez expressive pour véhiculer des informations de forme : montez les sous-groupes un et deux d'abord, puis assemblez-les, puis assemblez les sous-groupes trois et quatre, etc. (fig. 5.)

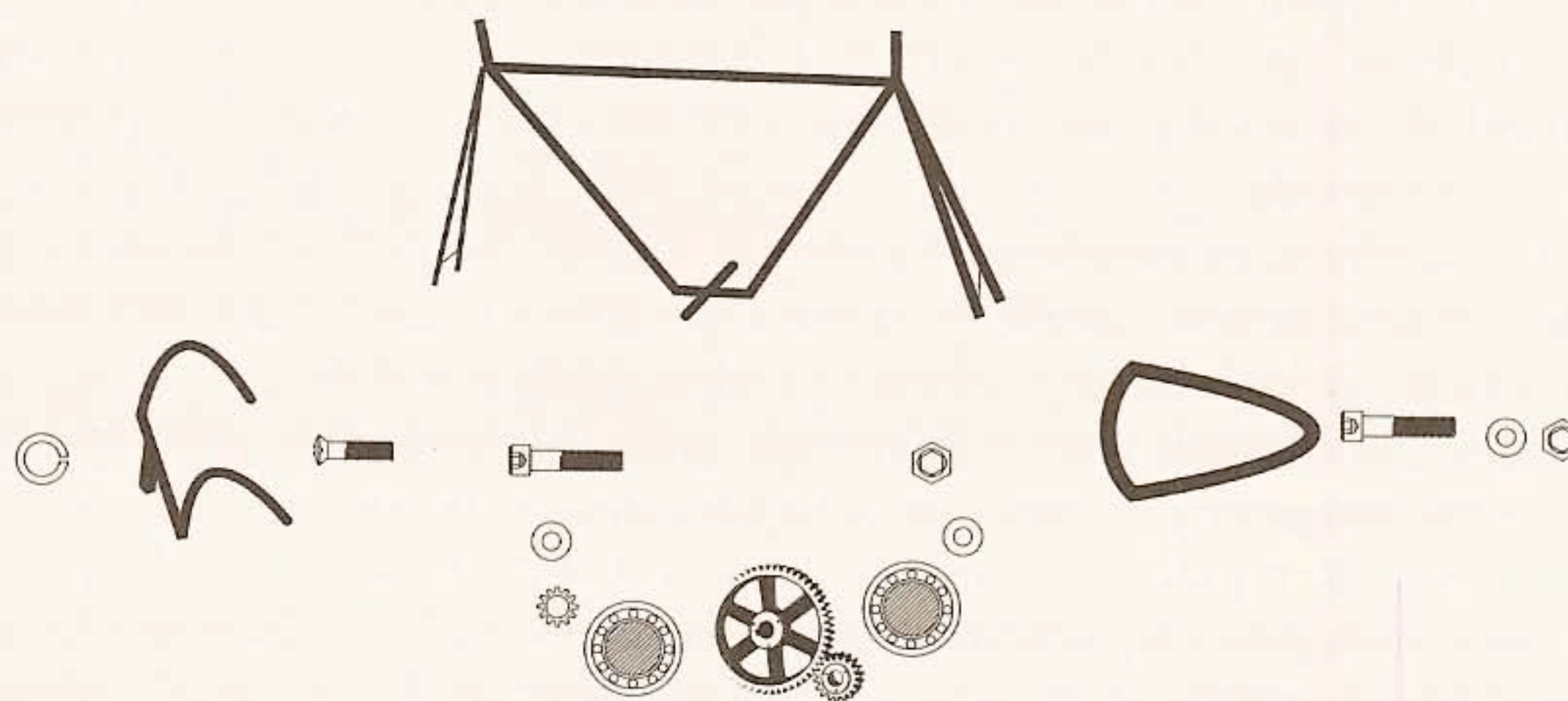


Fig. 5. De nombreuses tâches de montage impliquent de faire des assemblages partiels avant de pouvoir réunir la totalité des pièces. Une ruse employée par les réparateurs consiste à réunir des sous-groupes au sein d'unités plus englobantes, qui sont elles-mêmes strictement ordonnées, puis à arranger les groupes de manière à refléter l'ordre global d'assemblage. Ici nous voyons un montage partiel représenté par un vide dans un agencement linéaire simple.

Plus les arrangements deviennent complexes, moins leur interprétation est naturelle, et plus elle dépend de la capacité de l'agent à se rappeler, au moment du montage, comment les choses étaient disposées. La mémoire de l'emplacement constitue un thème habituel des recherches en psychologie. Dans un texte déjà ancien, Malone (1983) a apporté la preuve que les sujets montrent une aptitude étonnante à localiser des documents dans l'espace de leur bureau. Les vertus cachées des bureaux désordonnés s'en trouvaient reconnues : plus un bureau est en désordre, et plus nombreuses sont les catégories et les possibilités de références croisées – du moins en principe. Cependant, dans une étude plus récente sur la mémoire de l'emplacement, Lansdale (1991, p. 1172) suggère que la capacité d'un sujet à se rappeler l'emplacement d'un objet – par exemple, une icône de l'ordinateur dans une rangée – est moins bonne que ne le suggèrent les travaux de Malone.

Le motif le plus souvent invoqué par les sujets eux-mêmes pour rendre compte de leur faible performance – une plainte fréquemment formulée durant les expériences – était le suivant : « ces différents emplacements sont arbitraires :

ils n'ont aucune signification, et donc l'encodage des informations locales est un processus abstrait » (*ibid.*, p. 1174). Dans des expériences supplémentaires, on a permis aux sujets de mettre en œuvre une stratégie d'encodage – une méthode d'attribution de places qui fait sens par rapport aux objets à emmagasiner. Elles ont montré que le fait de disposer d'un système préexistant est de la plus grande utilité.

Maintenant, si les ordres linéaires ne sont pas suffisamment expressifs, les agents devront se fier à des systèmes connus d'arrangement, ou à quelque dessin qui fait sens relativement au sujet. Par exemple, pour organiser des icônes dans un environnement de type Macintosh, il ne serait pas surprenant de voir les utilisateurs disposer leurs icônes pour les périphériques, disques durs et disques amovibles, imprimantes, corbeille, fax, terminal de numérotation, autour de la périphérie physique de l'écran, comme si celui-ci était leur bureau, son équipement étant distribué le long des murs. La sémantique est ici très claire. C'est pourquoi il est aisé de se rappeler l'emplacement d'une icône donnée. Mais il est plus difficile de trouver un système indiquant la prochaine pièce à monter sans s'appuyer sur des indices perceptibles, comme « le prochain sur la rangée », ou « la pièce suivante la plus grande ». Il est possible de complexifier le système en incorporant une procédure de choix, du type « si l'on a besoin d'un boulon hexagonal, alors il faut prendre celui qui se trouve au bout de la rangée des boulons hexagonaux », ou « si l'on a besoin d'une rondelle, alors il faut prendre la plus grande qui reste ». Mais la recherche visuelle de la pièce suivante devenant de plus en plus complexe, le pouvoir des éléments structurants diminue considérablement.

Cas 5 : l'encodage du placement

Parmi les diverses tâches d'assemblage, nous avons distingué le problème de la sélection du problème du placement. Les arrangements qui aident à résoudre le problème de la sélection réduisent l'espace de la recherche en encodant la propriété « prochaine pièce à utiliser » d'une manière facile à lire. La position dans l'arrangement spatial marque la place dans la séquence d'assemblage. C'est pourquoi l'heuristique simple « utilisez la pièce suivante » constitue un guide fiable pour l'action. Le fait que des experts soient capables d'encoder des agencements dans des arrangements non linéaires non immédiatement évidents prouve seulement qu'ils opèrent avec des catégories sophistiquées. Mais ils pourraient tout aussi bien déterminer la pièce suivante selon une procédure plus triviale.

Pourrait-on mettre au point un arrangement simple et docile pour résoudre à la fois le problème de la sélection et celui du placement ? Par exemple, on pourrait tenter de disposer les pièces au sol pour manifester à la fois *où* elles s'insèrent dans l'assemblage en cours et *quand* les insérer. Malheureusement

la quantité d'information nécessaire dépasse le volume pouvant être encodé naturellement selon deux dimensions².

Considérons l'exemple suivant, qui porte sur le montage d'un bureau. La procédure habituelle consiste à disposer par terre les parties essentielles – le plateau, les côtés droit et gauche, les principaux étais – d'une façon qui reflète l'ordre dans lequel elles seront assemblées. Mais les structures temporelles et topologiques se séparent, parce qu'il n'est pas aisé de voir, à partir de ce qu'on a sous les yeux, quel élément utiliser à la suite de tel autre. Par exemple, si l'on doit percer, cela peut être fait sur chacune des pièces séparément avant qu'elles ne soient assemblées. Si des étapes intermédiaires se révèlent nécessaires avant le montage des grandes pièces – fixer des attaches, poncer les bords, etc. –, la disposition spatiale n'interdit pas plus cet ordre temporel qu'elle ne l'encourage.

Cet exemple montre que plus l'assemblage est compliqué, plus il devient difficile de repérer la chose suivante à faire sur la base de la disposition spatiale des pièces. Il ne s'agit plus tout à fait du même problème que précédemment (arrangements non linéaires). En effet, le problème posé provient du fait que, si les pièces sont disposées de manière à encoder l'information sur leur structure topologique, alors les procédés restants pour encoder la séquence sont très limités. Comme on l'a mentionné, il est utile de disposer d'une méthode systématique pour ordonner mentalement les articles. Pourtant, même dans ce cas, les combinaisons possibles sont innombrables. On ne peut pas plus échapper au fait que des topologies complexes débordent les descriptions en deux dimensions, qu'au fait que même dans les topologies les plus simples, il arrive que la pièce suivante à monter se trouve de l'autre côté de la pièce, sans qu'aucune raison spatiale évidente ne fasse supposer qu'il s'agit de la prochaine pièce.

Des arrangements spatiaux qui simplifient la perception

Dans chacun des exemples présentés, le problème décisionnel posé à l'agent a été simplifié du point de vue combinatoire par la présence d'informations lisibles dans l'environnement. D'une façon ou d'une autre, la quantité de recherche interne nécessaire pour choisir une action a été réduite. Le problème du choix peut être simplifié d'une seconde manière *via* la réorganisation des

2. « Naturellement » signifie dans ce cas qu'un agent peut faire appel à un arrangement qui n'est pas *ad hoc* pour régler le problème multidimensionnel de la localisation temporelle et spatiale. Pour une grande part, le problème concerne la localisation spatiale. Étant donné un dispositif avec une topologie multidimensionnelle, il est extrêmement difficile de spécifier l'endroit où une pièce quelconque doit être placée sans utiliser un langage général capable d'identifier les pièces. Considérez les limitations de l'identification de la « connectivité » d'un grand cube constitué de plusieurs petits cubes. Si le cube central est en contact avec les autres cubes sur chacune de ses six faces, il n'y a aucune façon de représenter de manière analogique cette connectivité en deux dimensions, excepté sous la forme d'un graphe dont les points de convergence auront été repérés.

arrangements spatiaux afin de *faciliter* la perception : en permettant de remarquer des propriétés ou des catégories auxquelles on n'aurait pas fait attention autrement, et en facilitant la découverte des éléments appropriés ainsi que leur suivi par le système visuel.

Les coûts perceptifs ne figurent pas habituellement de façon significative dans la combinatoire des choix présentés par l'analyse des processus décisionnels. On suppose que le coût de la détermination de l'applicabilité d'un opérateur perceptif à un état du monde n'a aucun effet sur la taille du sous-graphe qui doit être trouvé, parce que la dimension d'une recherche est fonction de sa profondeur et de son amplitude plutôt que du temps consacré à l'évaluation ou à l'identification d'un état d'un opérateur. C'est pourquoi les coûts perceptifs sont traités, au pire, comme des contributions à l'augmentation constante de la complexité d'un problème [...].

Cependant, en temps absolu, par opposition au temps asymptotique, s'il existe des façons plus faciles de déterminer les *affordances* d'une action à un moment de choix donné, ou d'évaluer si une heuristique peut être appliquée, alors l'agent aura plus de temps pour faire son choix. Tout changement qui permet d'accélérer la reconnaissance simplifie certainement la difficulté psychologique d'un problème.

Regrouper pour catégoriser

La façon peut-être la plus évidente de simplifier la perception consiste à arranger des objets dans l'espace pour qu'ils forment des classes d'équivalence, ou des divisions, qui reflètent des préconditions appropriées ou des propriétés utiles pour les suivre, les remarquer, ou les exploiter. Par exemple, pour savoir si on doit laver un ingrédient d'une salade, – par exemple les tomates – une précondition standard est que le légume n'ait pas été lavé auparavant. Mais il peut s'avérer difficile de séparer les tomates propres de celles qui sont sales. Un stratagème usuel consiste à placer les tomates lavées à un endroit, et les tomates non lavées ailleurs. En séparant les deux groupes nous mettons en évidence leurs différences. Parmi les autres exemples de classification utile déjà mentionnés, on peut citer le cas des regroupements d'articles sur les côtés de la zone tampon à la caisse d'un supermarché, celui des chutes de bois dans des ateliers et enfin celui du placement des cartes au bridge en fonction de leur couleur et de leur valeur, ou au « gin rummy » selon des catégories de scores.

Ces regroupements présentent l'intérêt de rendre plus aisés :

- le suivi de la localisation des objets ;
- la perception de leurs *affordances* pertinentes.

Ces deux facteurs sont impliqués dans la reconnaissance de la disponibilité des actions et dans le contrôle de l'état en cours. Si je ne parviens pas à trouver l'ail, je ne vais sûrement pas penser à en saupoudrer la salade – je ne saisis pas

certaines actions disponibles. Et si je ne peux pas voir si les plats sont propres ou sales – si je n’arrive pas à assurer un contrôle satisfaisant –, je ne saurai pas si je dois les laver ou non.

L’aide apportée par des regroupements permet de résoudre ces problèmes, car il est plus difficile d’égérer des choses volumineuses que des petites, et plus dur de ne pas voir ce à quoi peut servir un groupe entier. Par exemple, la mémoire de l’emplacement, comme on l’a rappelé, est régulièrement surestimée. Il est plus difficile de se souvenir de l’emplacement d’un stylo que de sa couleur. Mais si le stylo est regroupé avec d’autres objets de couleur identique, la seule taille du groupe simplifiera le problème de recherche visuelle. La couleur peut être employée à la fois comme une aide pour la mémoire et comme un indice visuel.

Il en est de même en ce qui concerne les *affordances*. Le regroupement de pesantes bouteilles en verre par un caissier met en évidence la disponibilité des articles lourds. Comme les vendeurs le savent, une façon d’augmenter la chance de faire remarquer un article est de le faire occuper plus d’espace – d’agrandir le rayon. La même méthode est employée chaque jour pour rendre plus facile le repérage des *affordances*.

Autres techniques pour créer des catégories

Le regroupement n’est qu’une des manières qui permettent aux agents de créer des classes d’équivalence en cours d’action. Selon la théorie de la *Gestalt*, d’autres facteurs que la proximité déterminent la perception de groupes d’éléments : la similarité entre eux, leur déplacement collectif, leur insertion dans une suite continue et unie, la possibilité de voir qu’ils constituent une forme délimitée ou qu’ils se détachent ensemble d’un fond. Nous en avons déjà vu plusieurs exemples. Le facteur de la « bonne continuation », par exemple, est utilisé par ceux qui ont à composer un tout ordonné pour distinguer, dans l’atelier, ce qui entre dans leur plan d’assemblage et ce qui se trouve là par hasard. La similitude est employée par les ensacheurs qui travaillent dans des espaces restreints, où les articles lourds, bien que regroupés, se trouvent directement à côté des petits. Un des lecteurs de cet article a donné un exemple de démarcation (*surroundness*). Il a expliqué que son père lui avait appris comment disposer sur une feuille de journal les différentes pièces de sa bicyclette lorsqu’il la démontait, dont certaines étaient de très petite taille. Le papier-journal servait à délimiter une région qui devait être considérée à part ; il dessinait une frontière à l’intérieur de laquelle les éléments d’un certain type devaient être placés. Ainsi il était facile de les situer sans les égarer en cours de route.

L’idée de créer une région spéciale s’applique non seulement dans les cas où un cadre est visible – un journal par exemple –, mais aussi aux « régions notionnelles » qu’un agent isole. En créant de telles régions, il devient parfois

possible de réaliser des tâches autrement impossibles. Ici, on peut de nouveau faire appel à l'exemple des cubes. D. Chapman (1989) a soutenu qu'il est possible d'employer un système de type « Pengi » pour construire une tour de neuf cubes – soit FRUITCAKE – à partir d'un environnement de 45 cubes répandus sur le sol, à condition que neuf d'entre eux orthographient déjà « fruitcake » et servent donc d'exemple à copier. La technique utilisée par son système demande de disposer d'instantanés de l'environnement dans son intégralité et de placer des marqueurs autour d'eux, ce qui permet de repérer l'emplacement du prochain cube à utiliser, ou de déterminer quel cube déplacer pour le dégager. En employant ces marqueurs pour enregistrer l'information sur un état, il est possible de s'appuyer sur un système simple de règles compilées pour copier la pile visée [...].

L'inscription symbolique

Une autre technique pour catégoriser ou identifier un objet consiste à le *marquer* à l'aide d'un indice qui attire l'attention ou stimule la remémoration. Par exemple, en présence d'une paire d'items difficiles à distinguer, que l'on désire différencier, comme deux cuillères en bois – la première est utilisée pour mélanger une sauce au curry (en train de mijoter sur le brûleur avant gauche), tandis que la seconde sert à remuer une sauce brune sur le brûleur avant droit –, nous pouvons *marquer* leur différence en les associant à un « séparateur » connu. Par exemple, nous pouvons les poser sur les couvercles de leurs casseroles respectives (en particulier si celles-ci sont de tailles différentes), ou bien les placer à côté d'un des ingrédients clefs (par exemple le pot de curry). Dans ce cas, il s'agit d'un placement ou d'un *marquage* symbolique.

Nous avons constaté que le marquage est une ressource importante pour aider les agents à contrôler l'état d'une tâche. Dans les enregistrements vidéo réalisés par B. Conein sur la préparation de tartes aux pommes par des cuisinières françaises, nous avons remarqué que l'une de celles-ci, après avoir mesuré soigneusement un morceau de beurre et l'avoir coupé presque en deux, dépose promptement son couteau sur le morceau mesuré, comme pour le marquer comme morceau à utiliser. Étant semblables en apparence, les deux morceaux pourraient facilement être confondus. Mais en marquant l'un d'eux avec le couteau, la cuisinière a ajouté une information supplémentaire à l'environnement, qui pourra l'aider à savoir ce qu'elle devra faire par la suite. Certes, la position du couteau sur le beurre peut remplir de nombreuses fonctions : cela empêche le couteau récemment employé de salir le sommet ; cela permet aussi de le maintenir propre et de lui donner une orientation qui facilite la prise. Mais cet acte remplit également une fonction informationnelle : il marque une moitié du morceau de beurre comme étant la moitié mesurée, tout en indiquant que la mesure elle-même a bien eu lieu.

Les marqueurs sont une forme d'aide-mémoire. Mais pour une part seulement. En effet, alors que les aide-mémoire, du moins en théorie, indiquent que l'on doit se souvenir de quelque chose et encodent ce dont il s'agit, les marqueurs ne remplissent véritablement que la première fonction : ils signalent qu'il faut se souvenir de quelque chose sans préciser ce dont il s'agit. Pour qu'un marqueur soit effectif, il faut qu'il serve comme moyen mnémotechnique facile à retenir. S'il est régulièrement utilisé, le positionnement astucieux du couteau peut fournir un contexte pour se rappeler.

Regrouper pour aviver l'acuité perspective

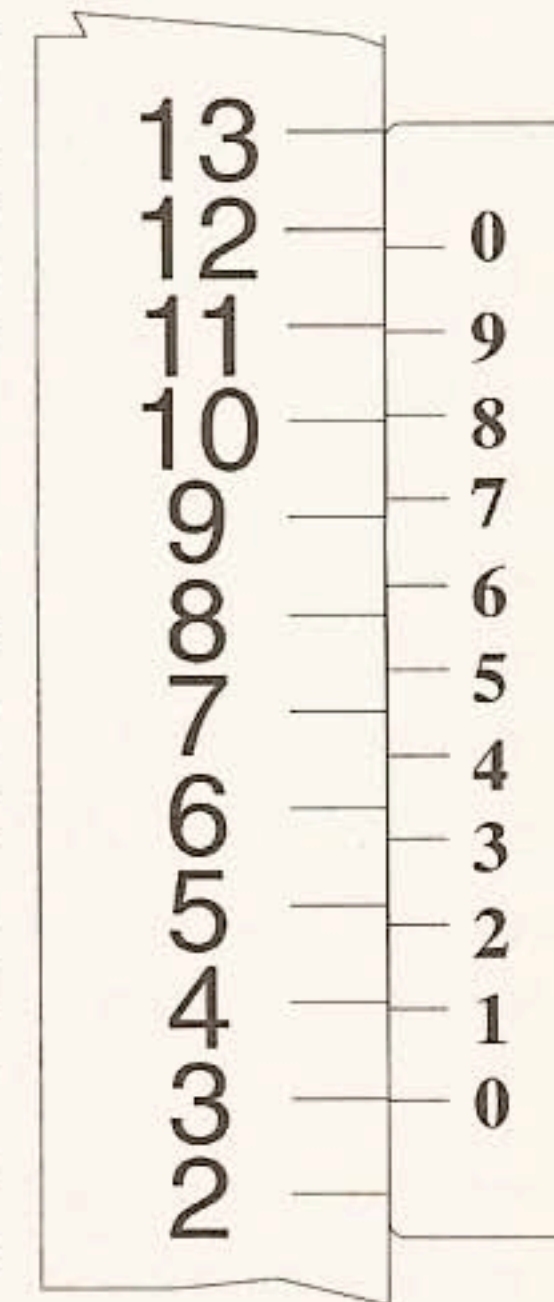
Jusqu'ici, nous avons examiné comment le regroupement et le placement astucieux pouvaient mettre en évidence la catégorie à laquelle appartient un item, ou son identité. En rendant plus explicite la catégorie d'appartenance d'un article, des agents peuvent plus aisément suivre par la perception la trace d'items fonctionnellement importants dans leur environnement. La résolution de puzzles constitue certainement l'une des tâches qui manifestent le plus clairement ce processus.

Les amateurs expérimentés de puzzles regroupent fréquemment les pièces de formes ou de couleurs semblables dans des piles distinctes. Les pièces à bord droit sont régulièrement rassemblées, comme les pièces destinées aux coins, les bleues, les vertes et celles qui ont des emboîtures mâles ou femelles similaires. En triant ainsi les pièces éparpillées, les joueurs réduisent le temps nécessaire pour localiser perceptivement les pièces appropriées.

À première vue, il ne s'agit là que d'un exemple de plus de regroupement pour produire des classes d'équivalence. Pourtant il apporte quelque chose en plus. La résolution d'un puzzle requiert de pouvoir identifier, au sein d'un ensemble considérable de pièces, celle qui pourra venir remplir exactement l'espace visé. Qu'il soit nécessaire de procéder à des discriminations à la fois grossières et fines n'est pas la moindre des difficultés de ce jeu. Les discriminations grossières aident la planification. « Regroupez les pièces situées dans des coins ! Cherchez celles qui composent le ciel ! » Mais pour savoir où une pièce particulière pourra s'insérer, des discriminations fines sont nécessaires. Étonnamment, des regroupements grossiers permettent aussi de faire ressortir les discriminations les plus fines. [...]

De manière encore plus intéressante, un regroupement astucieux peut en réalité augmenter la finesse des distinctions qu'un agent pourra remarquer. J'appelle cela *l'effet* « vernier ». Dans la perception visuelle, la discrimination « vernier » réfère à la capacité de l'œil de distinguer de très petits déplacements dans l'alignement de deux objets ou rangées. Cette capacité de dire si deux rangées sont alignées ou non est impliquée dans les échelles de « vernier » (fig. 6).

Fig. 6. Un vernier est une échelle auxiliaire qui glisse le long d'un instrument gradué pour indiquer les fractions des divisions de la plus grande échelle. Il permet à un utilisateur de procéder à des distinctions bien plus fines qu'avec une seule et unique échelle. Le principe perceptuel sur lequel reposent les verniers est appelé la discrimination vernier, qui est la capacité de l'œil de noter que deux lignes ne sont pas parfaitement alignées.



Lors d'une classification, un effet similaire se produit. Lorsqu'un morceau de puzzle est enfoui sous un tas d'autres pièces de toutes formes, les sujets le dégagent en se basant sur des différences grossières. S'il est enfoui dans un ensemble de pièces semblables quant aux formes, ils fondent leur choix sur des différences fines. Celles-ci deviennent précisément observables parce que nous pouvons nous concentrer visuellement sur des différences subtiles. Deux objets qui seraient autrement impossibles à distinguer peuvent souvent être séparés si leurs images sont placées en surimpression. Comme la proximité, la quantité est une aide précieuse ; grâce à elle, nous pouvons créer une classe de référence pour effectuer une comparaison qui fait ressortir la sorte de différence à relever. Nous changeons la résolution de notre classification.

Économiser la computation interne

Nous avons vu comment en arrangeant l'espace, on peut réduire la recherche mentale impliquée dans un choix, ainsi que la « computation » visuelle nécessaire pour contrôler un état en cours, remarquer des signes et chercher les items voulus. Un agent incarné peut enrôler le monde d'une troisième manière : en se passant de calcul. Si l'on tapote une poignée de spaghettis sur une table, les plus longs sont isolés de leurs voisins : un tri de cette sorte se fait en utilisant les propriétés matérielles (substantielles) et spatiales du monde. Un agent qui encode la taille, ou le rang quant à la longueur, des spaghettis peut effectuer un tri rapide au moyen de ce processus physique, du moins tant que le résultat peut être rapidement décodé. La méthode n'implique ni calcul symbolique ni comparaison systématique. Elle se fonde sur la création d'un indice visuel qui sert à rendre la propriété concernée explicite.

De telles exploitations « computationnelles » du monde sont plus courantes qu'on ne le reconnaît d'habitude. Quand un tailleur retourne son gabarit en papier, il calcule efficacement une description de l'image en miroir de la forme originale. Il n'est pas certain que de telles exploitations du monde méritent d'être comptées parmi les utilisations intelligentes de l'espace. Toutefois j'inclurai une discussion de certains des points soulevés, parce que la ligne de

partage entre l'utilisation du monde et l'utilisation des propriétés spatiales du monde n'est pas facile à établir [...].

Externaliser les représentations et inverser les perspectives

Au cours d'interactions réalisées à des vitesses très élevées, l'agent et l'environnement peuvent être si étroitement imbriqués qu'il peut être plausible de les voir comme un unique système de calcul. Dans ce cas, quelques éléments du calcul se situent en dehors de l'agent et d'autres à l'intérieur, tandis que le calcul lui-même consiste dans l'interaction dynamique entre les deux. L'idée générale que les relations dynamiques entre un agent incarné et son environnement forment un système de calcul a été avancée par E Hutchins (1994, 1995) et S. Scribner (1986).

Une caractéristique de la cognition humaine se prêtant à une telle interprétation est la suivante : il existe des différences psychologiques importantes entre des représentations externes et des représentations internes, ce qui indique qu'il est parfois souhaitable de fonctionner avec des représentations externes plutôt qu'avec des représentations internes et vice versa. Dans leur expérience, Chambers et Reisberg (1985) ont demandé à des sujets de former des images mentales de figures ambiguës classiques, comme le cube de Necker ou le lapin-canard. On leur avait montré auparavant plusieurs images ambiguës pour leur permettre d'assimiler la notion appropriée d'ambiguïté (avant cela, ils ne connaissaient pas les figures concernées). Chambers et Reisberg ont constaté qu'aucun des sujets ne pouvait découvrir d'ambiguïté dans leurs images. Les représentations internes, à la différence de leurs homologues externes, semblent surgir avec leurs interprétations fixées. Un agent confronté à une image ne peut pas séparer l'interprétation de l'image de l'image elle-même [...].

Cela implique que si nous voulons découvrir de nouveaux éléments importants dans une structure, en particulier si l'on doit rechercher des interprétations nouvelles, nous pouvons plus facilement y parvenir en nous le représentant extérieurement, ou en consultant des représentations externes préexistantes. Le savoir-faire que nous avons développé pour traiter le monde extérieur va plus loin que celui dont nous disposons pour nous confronter au monde intérieur. C'est pourquoi, si l'activité créatrice tend à faire un usage si important de représentations externes, ce pourrait être que, dans la phase de découverte, on essaie de relever autant d'extensions et de variations que possible de ses propres idées. Cela est plus facile si les représentations sont externalisées.

Maintenant, parce que le calcul implique régulièrement de distinguer et d'évaluer des phases, il est possible que l'utilisation la plus intelligente de l'espace consiste à essayer des conjectures. Par exemple, dans le jeu du Scrabble,

quand nous cherchons des mots, il est courant de mélanger les lettres dans l'espoir de déclencher une association. Nous pouvons appeler cela une « auto-indication » (*self cueing*).

Le principe de cette sorte d'activité est un type d'externalisation dont le succès dépend de deux facteurs : un module interne dont les opérations sont, plus ou moins, isolées pour qu'il n'y ait pas d'interférence avec d'autres modules et un couplage étroit entre des processus internes et externes. Il n'y aurait aucune raison de bricoler le monde extérieur pour stimuler notre mémoire si nous pouvions faire la même chose aussi vite intérieurement. La valeur supplémentaire provient de la façon dont nous associons les éléments. Nous parvenons à renouveler notre regard sur nos pièces de Scrabble en les mélangeant. Cette approche sous-tend toute une gamme de techniques d'efforts personnels. Pour résoudre un problème algébrique, nous rendons explicites plusieurs des transformations évidentes. Pour résoudre un problème de géométrie, nous dessinons souvent une figure, ou nous introduisons des constructions qui modifient l'apparence de la structure. Une théorie de la façon dont l'externalisation améliore la cognition irait certainement au-delà des façons d'utiliser les arrangements de l'espace. Mais, nous pouvons être certains que de telles théories ne sauraient se satisfaire de rendre des hommages superficiels au rôle de l'arrangement spatial.

Conclusion

Dans cet article, j'ai présenté différentes façons de gérer l'arrangement spatial des items sur le lieu de travail. Pour permettre un contrôle plus facile de l'activité, nous nous appuyons sur des techniques qui réduisent la charge des tâches en mémoire, la quantité de calcul interne nécessaire, ou qui simplifient la recherche visuelle et la catégorisation inévitablement impliquées dans la performance. Certaines de ces techniques sont appliquées consciemment, alors que d'autres le sont involontairement. Mais toutes renvoient à notre intrication avec le monde. Cette intrication s'intensifie quand le moment opportun devient important. Dans Tetris, par exemple, les « zoids » sont tournés dans le monde pour éviter de procéder à une rotation mentale. La temporalité est cruciale. Quelque cent millisecondes de retard suffisent à empêcher qu'une rotation donnée apporte l'information utile pour un joueur. Quand nous ensachons des articles d'épicerie, ou préparons des plats, nous disposons les éléments autour de nous à des moments particuliers. Quand ces placements sont opportuns, ils nous servent à nous rappeler quelque chose, à attirer notre attention, à nous empêcher de considérer des alternatives non pertinentes.

L'intérêt de ces indices et de ces contraintes est qu'ils structurent les informations d'entrée. Dans des environnements très évolutifs, cette structuration informationnelle fournit des signes et des indices qui font avancer les calculs

en cours. Dans les environnements plus lents, tels que le Scrabble, le puzzle, et le classement de livres, la structuration informationnelle apporte aussi des idées, des signes et des distinctions qui facilitent la résolution de problèmes. Bien que les tâches plus lentes impliquent des choix qui prennent des dixièmes de secondes, il demeure important de pouvoir disposer de la bonne information au bon moment. La fréquence de ces phénomènes dans nos activités ordinaires est étonnante.

Un thème a été à peine abordé. Un grand nombre de nos actions de structuration sert à réduire la complexité descriptive de nos environnements. Cela simplifie le suivi de l'état de l'environnement. L'idée est apparue au cours de la présentation des avantages que comporte le fait d'organiser par ordre alphabétique, ou selon des assemblages déjà connus, comme des morphèmes, des cubes comportant des lettres. Un planificateur qui commence par disposer les cubes par ordre alphabétique réduit le besoin d'une recherche visuelle parce qu'il est capable de décrire l'état de l'environnement d'une manière plus compacte. La position d'un cube dans une liste alphabétique est connue par cœur, elle peut donc être déterminée sans avoir à connaître les détails de l'environnement [...]. En pré-structurant le monde nous réduisons les opérations requises pour le représenter. Autrement dit, plus nous extériorisons notre compréhension de l'organisation, moins nous avons à mémoriser.

C'est par rapport à ce souci de réduire la complexité descriptive de l'environnement que nous pouvons comprendre la vertu des indices critiques décrits *supra*. Quand un indice est facile à contrôler, et qu'il véhicule toute l'information dont l'agent a besoin pour savoir ce qui se passe, il simplifie le calcul nécessaire pour déterminer l'état de l'environnement. Il réduit sa complexité descriptive [...].

Les chercheurs en Intelligence Artificielle se sont étendus sur l'usage intelligent du temps, et n'ont accordé que peu d'attention à l'espace. Pourtant la vision, le sens spatial par excellence, figure parmi nos capacités les plus puissantes. Ce n'est pas un hasard si les diagrammes facilitent la résolution de problèmes. Ne devrions-nous pas considérer que la plus grande partie de notre compétence quotidienne vient du fait que nous structurons informationnellement nos espaces de travail ? J'ai essayé de montrer ce que cela peut vouloir dire et pourquoi il s'agit là d'une idée raisonnable à développer.

(Traduit de l'anglais par Marc Relieu)

Bibliographie

- Agre, P. E.
1997 *Computation and Human Experience*. Cambridge, Cambridge University Press.
- Agre, P. E. & Chapman, D.
1987 « Pengi : an implementation of a theory of activity », *Proceedings AAAI-87*, Seattle, WA, p. 268-272.
- Agre, P. E. & Horswill, I.
1992 « Cultural support for improvisation », *Proceedings AAAI-92*, San Jose, CA, p. 363-368.
- Brooks, R. A.
1991 « Intelligence without representation », *Artificial Intelligence*, 47, p. 141-159.
- Chambers, D. & Reisberg, D.
1985 « Can mental images be ambiguous ? », *Journal of Experimental Psychology*, 11, p. 317-328.
- Chapman, D.
1989 « Penguins can make cake », *AI Magazine*, 10 (4), p. 45-50.
- Charness, N.
1981 « Search in chess: age and skill differences », *Journal of Experimental Psychology*, 7, p. 467-476.
- Chase, W. G. & Simon, H.A.
1973 « Perception in chess », *Cognitive Psychology*, 4, p. 55-81.
- Elster, J.
1982 *Ulysses and the Sirens. Studies in Rationality and Irrationality*. Cambridge, Cambridge University Press.
- Gibson, J. J.
1977 « The theory of affordances », in R. E. Shaw & J. Bransford (eds), *Perceiving, Acting, and Knowing*, Hillsdale, NJ, Lawrence Erlbaum, p. 67-82.
- Greeno, L. G.
1989 « Situations, mental models, and generative knowledge », in D. Klahr & K. Kotovsky (eds), *Complex Information Processing*, Hillsdale, NJ, Lawrence Erlbaum, p. 285-318.
- Hammond, K. J., Converse, T.M. & Grass, J. A.
1995 « The stabilization of environments », *Artificial Intelligence*, 72, p. 305-327.
- Hutchins, E.
1994 « Comment le « cockpit » se souvient de ses vitesses », *Sociologie du travail*, XXXVI (4), p. 451-473.
1995 *Cognition in the Wild*. Cambridge, MA, MIT Press.

Kirsh, D.

- 1991a « When is information explicitly represented ? », in P. Hanson (ed.), *Information, Language and Cognition*, Oxford, Oxford University Press, p. 340-365.
1991b « Today the earwig, tomorrow man ? », *Artificial Intelligence*, 47, p. 161-184.

Lansdale, M.

- 1991 « Remembering about documents : memory for appearance, format and location », *Ergonomics*, 34 (3), p. 1161-1178.

Lave, J.

- 1977 « Cognitive consequences of traditional apprenticeship training in West Africa », *Anthropology Education Quarterly*, 8 (3), p. 177-180.
1988 *Cognition in Practice*. Cambridge, Cambridge University Press.

Malone, T. W.

- 1983 « How do people organize their desks ? Implications for the design of office automation systems », *ACM Transactions on Office Information Systems*, 1 (1), p. 99-112.

Norman, D. A.

- 1981 « Categorization of action slips », *Psychological Review*, 88, p. 1-15.
1988 *The Psychology of Everyday Things*. New York, Basic Books.

Rasmussen, J.

- 1980 « What can be learned from human error reports ? », in K. Duncan, M. Gruneberg & D. Wallis (eds), *Changes in Working Life*, Londres, Wiley.
1986 *Information Processing and Human-Machine Interaction*. New York, North-Holland.

Reason, J. T.

- 1990 *Human Error*. Cambridge, Cambridge University Press.

Rouse, W. B.

- 1981 « Models of human problem solving : detection, diagnosis and compensation for system failures », in *Proceedings IFAC Conference on Analysis, Design and Evaluation of Man-Machine Systems*.

Scribner, S.

- 1986 « Thinking in action : some characteristics of practical thought », in R. J. Sternberg & R. K. Wagner (eds), *Practical Intelligence : Nature and Origins of Competence in the Everyday World*, Cambridge, Cambridge University Press, p. 13-30.