

Cybernétique, interactivité et conversation : retour sur les effets des expériences de Gordon S. Pask en architecture

Cybernetics, interactivity and conversation: A review of the Gordon S. Pask's experiments effects on architecture

Damien Claeys^{1,2,*} et Louis Roobaert^{1,2}

¹TSA-LAB, LAB, UCLouvain, Rue Wafelaerts 47/51, 1060 Bruxelles, Belgique

²LOCI, UCLouvain, Rue Wafelaerts 47/51, 1060 Bruxelles, Belgique

Résumé. Les effets sur l'architecture des recherches de Gordon S. Pask peuvent être appréhendés à partir des thèmes de la cybernétique, de l'interaction et de la conversation. D'abord, un état de l'art contextualise la période de transition entre la première et la deuxième cybernétique en retraçant les étapes clés des approches symboliques et connexionnistes de l'intelligence artificielle sachant que les recherches de Pask se situent à l'intersection de ces deux approches. Ensuite, des concepts de la théorie de la conversation (CT), des expériences menées en psychologie de l'apprentissage et des installations interactives en art sont présentés succinctement, ainsi que leurs influences sur l'architecture. Enfin, ce retour historique permet un éclairage supplémentaire sur la mise en relation des acteurs de la conception architecturale au sein d'un écosystème numérique (machines dotées d'IA et/ou êtres humains).

Mots clés. Cybernétique, interaction, conversation, apprentissage, Pask.

Abstract. The impact of Gordon S. Pask's research on architecture can be understood through the topics of cybernetics, interaction and conversation. First, a state-of-the-art contextualises the transition period between the first and second-order cybernetics by outlining the key stages of symbolic and connectionist AI approaches, with Pask's research being at the intersection of these two approaches. Next, concepts from conversation theory (CT), learning psychology experiments and interactive art installations are briefly introduced, along with their influences on architecture. Finally, this historical review provides additional insight about the relationship between the architectural design actors inside a digital ecosystem (AI-enabled machines and/or human beings).

Keywords. Cybernetics, interaction, conversation, learning, Pask.

* Corresponding author: damien.claeys@uclouvain.be

1 Introduction

Impliquant l'hybridation de pratiques représentationnelles et l'activation de relations collaboratives, les recherches prospectives contemporaines en conception architecturale peuvent être éclairées par une démarche historiographique. La redécouverte des effets des recherches de Gordon S. Pask sur l'architecture est opérée ici à partir des thèmes de la cybernétique, de l'interaction et de la conversation. D'abord, un état de l'art contextualise la période de transition entre la première et la deuxième cybernétique en retraçant les étapes clés des approches symboliques et connexionnistes de l'intelligence artificielle sachant que les recherches de Pask se situent à l'intersection de ces deux approches. Ensuite, des concepts de la théorie de la conversation, des expériences menées en psychologie de l'apprentissage et des installations interactives en art sont présentés succinctement, ainsi que leurs influences sur l'architecture. Enfin, ce retour historique permet un éclairage supplémentaire sur la mise en relation des acteurs de la conception architecturale au sein d'un écosystème numérique mettant en relation des machines dotées d'IA et/ou des êtres humains.

2 De la cybernétique à l'Internet des objets

Les sciences de la computation et de la cybernétique, les recherches en psychologie cognitive et en intelligence artificielle sont des champs dont les limites évolutives, ainsi que les matières qu'ils recouvrent, ne permettent pas toujours de les distinguer. Mais ils ont en commun d'émerger des affres de la Seconde Guerre mondiale.

Les bases de l'informatique moderne sont développées à la suite des efforts de Charles Babbage pour construire une « machine analytique », d'Ada Lovelace pour écrire un premier algorithme destiné à programmer un « calculateur universel » et d'Alan M. Turing pour conceptualiser une « machine universelle » [1] – un dispositif capable de reproduire tout type de raisonnement *formel*, si le programmeur est capable de décrire en langage codé l'ensemble des règles qu'il faut suivre –, ce qui mènera notamment à la création de calculateurs capables de déchiffrer rapidement les messages de la machine Enigma.

De même, l'origine de la cybernétique est indissociable des recherches de Norbert Wiener et Julian Bigelow au sein du projet *Anti-Aircraft Predictor* [2] – un dispositif servomécanique de tir anti-aérien capable de prévoir les mouvements des avions ennemis pour les abattre – et de celles qu'ils mènent ensuite avec Arturo Rosenbluth pour généraliser l'application d'un concept d'ingénierie – le « *feedback* » [rétroaction] – à la fois aux machines et aux êtres vivants [3]. Dans les deux cas, un rapprochement général s'opère entre les fonctionnements respectifs d'une machine et d'un être humain. D'un côté, considéré comme une forme de cyborg – résultant de l'agrégation d'un pilote et d'une machine volante –, l'avion ennemi est *déshumanisé*. De l'autre, par analogie avec le fonctionnement d'organismes vivants agissant en fonction d'une finalité, en affirmant que certaines machines possèdent un comportement lorsqu'elles évoluent par rétroactions successives vers un objectif, les machines sont *humanisées*. Ce type d'analogie remonte à la fondation des sciences modernes, à travers les concepts d'« animal machine » [4] et d'« homme machine » [5] et, plus loin encore, à la technique antique de la création d'automates telle que décrite notamment par Vitruve [6].

Après les catastrophes nucléaires d'Hiroshima et de Nagasaki, les scientifiques reviennent à la société civile et ils essaient de racheter leurs consciences en donnant d'eux une image de *bon savant* [7]. D'un côté, à partir de machines, ils donnent artificiellement *vie* à un véritable *cyber-zoo*, en animalisant les analogies entre machines et êtres vivants, telles que la tortue Elsie de W. Grey Walter (1947) et le Palomilla de Norbert Wiener (1949). De l'autre, ils concentrent leurs recherches sur le cerveau, organe *contrôlant* le comportement des êtres humains en fonction des buts qu'ils poursuivent, en tentant de reproduire la pensée

avec des machines. Entre conception machinique de la pensée et élaboration de la pensée machine, l'intelligence artificielle (IA) devient un nouveau champ disciplinaire à partir de deux méthodes différentes [8–10] : le connexionnisme et le symbolisme.

Premièrement, une approche *bottom-up* du système neurologique menant au *connexionnisme*, modélise la cognition comme un processus *émergent*, calquée sur la structure physiologique du cerveau. L'origine historique de cette approche est l'organisation des conférences Macy (1942-1953), à l'initiative de Warren S. McCulloch, réunissant un groupe interdisciplinaire désirant construire une science générale du fonctionnement de l'esprit. En s'inspirant des connaissances sur les neurones des physiologistes du début du xx^e siècle, Warren S. McCulloch et Walter H. Pitts établissent le premier modèle à base de réseaux de « neurones artificiels » directement inspiré du fonctionnement du « neurone biologique » [11], ils viennent d'inventer la *machine neuronale universelle*. Ce qui mène à la création du premier véritable réseau de neurones artificiels monocouche, le Perceptron de Frank Rosenblatt [12], capable d'apprendre par expérience, même si son instructeur commet des erreurs, ce qui est impossible avec un système logique formel.

Deuxièmement, une approche *top-down* des processus mentaux menant au *cognitivisme*, calquée sur le fonctionnement *symbolique* du langage humain par la manipulation de signes à partir de règles *logiques*. L'origine de cette approche symbolique semble être le moment où, Turing pose la question « les machines peuvent-elles penser ? » [13], avant que John von Neumann mette en application le concept de la « machine universelle » de Turing dans son « architecture » [14], inspirant le développement des premiers projets d'ordinateur : la *machine symbolique universelle*. Le point d'orgue serait la mythique conférence de Dartmouth (1956) en prévision de laquelle John McCarthy aurait forgé le terme d'« intelligence artificielle » [15] et qui serait considérée comme fondatrice de l'*intelligence artificielle* (IA) en tant que champ de recherche autonome. La métaphore du *cerveau électronique* capable d'automatiser le raisonnement favorise le développement de la psychologie cognitive, une théorie computationnelle du fonctionnement de notre esprit considérant le cerveau comme un système de traitement de l'information. Cette approche mène notamment à la création par Joseph Weizenbaum de la thérapeute virtuelle Eliza, premier agent conversationnel capable de dialoguer avec une personne via un écran [16].

À la rencontre du structuralisme [17], de la cybernétique [18] et de la théorie de l'information et de la communication [19], la pensée systémique – ou seconde cybernétique – opère un contrepoids épistémologique à la méthode cartésienne [20,21]. Elle est établie autour du concept central de « système » [22] en tant qu'« ensemble d'éléments en interactions dynamiques, organisés autour d'un but » [23]. La pensée systémique élargit la compréhension du réel et des êtres humains par la modélisation des phénomènes complexes, depuis celle des *systèmes fermés* de la première cybernétique [18] jusqu'à celle des *systèmes ouverts* de la seconde cybernétique, ces derniers étant considérés, à l'aide d'analogies biologiques [22], d'abord comme « auto-organisés » [24,25], puis comme « autopoïétiques » [26]. La pensée systémique fournit des concepts transdisciplinaires pour modéliser des systèmes complexes, artificiels ou naturels. Autrement dit, le paradigme systémique intègre la contextualisation des phénomènes étudiés, la subjectivité des observateurs et l'incertitude des processus. L'approche systémique tente de « s'élever pour mieux voir, relier pour mieux comprendre, et situer pour mieux agir » [23]. Le passage de la première à la seconde cybernétique est une tentative de concilier les IA symboliques et connexionnistes à l'aide de concepts bio-informatiques.

Entre Mai 1968 et le choc pétrolier de 1973, Marvin L. Minsky et Seymour A. Papert [27] démontrent théoriquement que les réseaux de neurones artificiels – dont le Perceptron – sont limités à des apprentissages simplissimes. L'approche connexionniste est déconsidérée et comme les résultats des recherches en IA se font attendre, malgré les déclarations optimistes des chercheurs, l'ensemble de la discipline – y compris l'approche symbolique – est

décrédibilisée. Les bailleurs de fonds se retirent progressivement, ce qui mène au 1^{er} hiver de l'IA entre 1973 et 1982.

L'approche symbolique est relancée par la création de systèmes experts (introduction des connaissances implicites des experts d'un domaine et déduction de leurs conséquences logiques à partir de moteurs d'inférences). Mais rapidement de nouvelles limites apparaissent : l'explicitation de savoirs est complexe, le contexte d'apprentissage change régulièrement et les experts font évoluer intuitivement leurs règles. Si bien que les systèmes experts sont, à leur tour, fortement critiqués [8] et un 2^e hiver de l'IA a lieu entre 1987 et 1993. L'approche connexionniste est investiguée plus discrètement jusqu'à ce que John J. Hopfield popularise ses réseaux artificiels de neurones *récurrents* (RNN) [28], que David E. Rumelhart et James L. McClelland [29] développent des réseaux *parallèles* et, enfin, que Judea Pearl [30] développe des réseaux *bayésiens* donnant naissance à des modèles graphiques probabilistes. Mais les chercheurs de cette époque sont confrontés aux limites des ordinateurs en raison d'une puissance de calcul et d'une capacité de mémoire trop faibles.

Dans les années 2000, ces limites techniques sont repoussées, l'IA suscite un regain d'intérêt durable. Yann LeCun, Yoshua Bengio et Geoffrey Hinton [31] popularisent le *deep learning*, un type de programmation où la machine n'exécute pas seulement une succession d'opérations, mais développe une capacité d'apprentissage, reposant sur l'usage de perceptrons multicouches. Entraînés à partir de millions d'exemples, les programmes sont capables d'extraire les éléments conceptuels d'une photo, d'effectuer de la reconnaissance automatique de la parole, du traitement automatique du langage naturel... L'approche connexionniste semble dépasser l'approche symbolique, bien que les recherches actuelles semblent mettre en relation les deux approches.

Plus récemment, l'IA prend appui sur le développement sans précédent de l'Internet et de la montée en puissance des réseaux, permettant un accès ubiquitaire aux ressources du Web et des connexions plus fortes entre espace physique et cyberspace, entre les mondes réel et numérique : *Internet of Things* (IoT), *Cyber-Physical System* (CPS), *Digital Twin*...

3 De l'adaptation à l'apprentissage

Personnage atypique, Gordon S. Pask est un dandy édouardien charismatique, ayant été diplômé en ingénierie des mines et en psychologie, avant d'obtenir trois doctorats en psychologie, en cybernétique et en médecine. Bien qu'invité dans de nombreuses universités, Pask mène la plupart de ses recherches au sein de la société System Research, fondée en 1953 avec Elizabeth Poole (sa compagne) et Robin McKinnon-Wood.

Au moment de la transition entre la première et la seconde cybernétique, Pask est influencé par une courte rencontre avec Norbert Wiener, un grand intérêt pour les travaux de W. Ross Ashby et une longue collaboration avec Heinz von Foerster. En effet, encore étudiant, Pask s'est occupé de Wiener, en visite à Cambridge pour donner une conférence sur la cybernétique et, alors qu'il en faisait sans le savoir, il aurait eu son « épiphanie » en comprenant que la cybernétique était la science sur laquelle il voulait travailler [32]. Ensuite, la lecture des travaux d'Ashby [33,34], créateur de l'« homéostat » – un appareil capable d'adapter son comportement de manière autonome pour atteindre un équilibre préalablement fixé –, aurait inspiré Pask pour son premier livre *An Approach to Cybernetics* [35]. Enfin, après l'avoir rencontré au 2^e Congrès international de cybernétique (1958) organisé à Namur, Pask collabore pendant plus de trente ans avec von Foerster [36], une figure importante de la seconde cybernétique ayant fondé le Biological Computer Laboratory (BCL) (1958-1976) où les recherches concilient auto-organisation et informatique bio-inspirée.

À partir de l'étude de la capacité générale d'*adaptation* des systèmes fermés de Wiener, Pask a développé l'étude de la capacité particulière d'*apprentissage* des systèmes auto-organisés de von Foerster, en créant des machines adaptatives contrôlées par des homéostats

d'Ashby, capables d'apprendre à partir de leurs échanges avec d'autres entités (mécaniques ou humaines).

Au départ, Pask étudie les échanges et les stratégies d'apprentissage entre machines et êtres humains dans le cadre d'interactions apprenant-enseignant. En combinant ses connaissances en psychologie et en cybernétique, il crée des machines expérimentales étudiant les effets des systèmes artificiels sur l'apprentissage [37] : des machines d'entraînement telles que *Self Adaptive Keyboard Trainer* (SAKI) (1956) et *Eucrates* (1956), des machines permettant la transmission de connaissances visuelles telles que *Course Assembly System and Tutorial Environment* (CASTE) (1973) avec Bernard Scott – dont une version portable appelée *INTUITION* a été testée à la AA School à Londres –, le projet *Architrainer* (1974) avec Chris Abel ou, encore, *THOUGHTSTIKERS* (1986).

En étudiant les interactions dynamiques entre machines et êtres humains, il construit progressivement la « *Conversational Learning Theory* » (CT) [38–40], une théorie de l'apprentissage par la conversation : (1) en référence à la distinction entre « *observed systems* » et « *observing systems* » de von Foerster [25], Pask [41] considère la cybernétique comme une *pratique* de modélisation faisant entrer en conversation l'observateur avec le phénomène observé. De fait, le cybernéticien est un observateur *actif* qui modifie consciemment le système observé en cherchant à interagir avec lui. À cet effet, un langage commun est construit par l'observateur au cours de la conversation engagée entre eux, ce qui nécessite également de sa part la connaissance d'un « métalangage » [48]. Le cybernéticien crée des modèles qui ne ressemblent pas forcément au système observé, mais qui – à l'aide d'un métalangage – permettent de le comprendre par analogie ; (2) puis, considérant l'habitat naturel des comportements humains comme un « *information environment* » [42], Pask distingue clairement les concepts de *communication* et de *conversation*. Apparus parallèlement à la première cybernétique, les modèles canoniques de la théorie de l'information [19,43,44] concernent les systèmes fermés et le codage/décodage linéaire de signaux, en excluant la question de la *signification*. La CT propose plutôt des modèles circulaires de la conversation (incluant de la communication) dont les échanges successifs entre les participants sont des négociations répétées pour donner du sens, menées en fonction d'un *objectif* et des *moyens* de l'atteindre : « Le mot *conversation* fait l'objet d'une interprétation qui affine son sens commun. La conversation maintient l'autonomie ou l'identité des systèmes et, également, génère des indépendances entre les systèmes (humains, sociétaux ou autres), ce qui est une condition préalable au dialogue. » [42] ; (3) ensuite, Pask pense que l'observateur peut distinguer des « entités stables de différentes sortes ». Il distingue deux types d'agents conversationnels : les « *mechanical individuals* » (*M-individuals*) considérés comme des machines agissant comme interfaces de communication et les « *psychological individuals* » (*P-individuals*), c'est-à-dire des individus psychologiques agissant comme de véritables partenaires de la conversation ; (4) enfin, les outils de computation et de communication augmentent la quantité d'information dans l'environnement humain, ce qui complexifie la « *togetherness* » [42] (traductible par convivialité, solidarité ou camaraderie) entre les agents conversationnels. Pour modéliser la complexité des conversations, Pask utilise des « *entailment meshes* » [maillages d'implication] complexes [38,40], des diagrammes représentant, selon lui, des comportements similaires à ceux des organismes biologiques et qui ont largement influencé la représentation diagrammatique des projets d'architecture.

Une autre influence directe de la CT est l'emprunt de l'idée de la conversation par Donald A. Schön [45], intéressé par l'éducation et les systèmes, quand il examine – parmi d'autres professions – les connaissances que les architectes professionnels développent et utilisent dans leur « pratique réflexive », lorsqu'ils sont en conversation avec eux-mêmes à travers l'usage d'outils de conception et de représentation.

4 De l'art interactif à l'architecture

Affirmant être tombé amoureux du théâtre dans sa jeunesse [32], Pask préfère monter des expériences théâtrales plutôt que cinématographiques ou télévisuelles, car les acteurs *sentent* le public et peuvent s'y adapter naturellement et, en retour, le public peut interagir avec les acteurs. Toutes les installations artistiques et les projets d'architecture auxquels il participe questionnent les ressorts de l'interaction entre machines et êtres humains.

À l'époque, il n'est pas le seul à expérimenter ce type de dialogue. Ainsi, le pionnier de l'art interactif Nicolas Schöffer construit sa première *Tour spatiodynamique* (1955), cybernétique et sonore, à la Première Exposition internationale des Matériaux et Équipements du Bâtiment et des Travaux publics au Parc de Saint-Cloud [46]. Dans cette tour qui *chante* de 50 m de haut, des capteurs mesurent les sons, la lumière, la température et l'hygrométrie. Les informations sont traitées par un homéostat – un cerveau électronique conçu par la société Philips –, avant de déclencher aléatoirement des séquences musicales, créées préalablement par Pierre Henry. La tour entre en résonance avec la ville qui l'entoure et son atmosphère. Toujours avec Philips, Schöffer crée ensuite un robot autonome qui *danse*, appelé *CYbernétique SPatiodynamique 1* (1956) : « une sculpture dotée de pales rotatives juchée sur un socle à roulettes dissimulant un moteur et un cerveau électronique chargé de transformer en ordre de mouvement les variations de couleur, d'intensité lumineuse et d'intensité sonore captées par les cellules photoélectriques et le microphone de l'œuvre » [46]. La sculpture est construite pour devenir une actrice à part entière et conduira à la création du ballet *Études rythmiques* dansé par *CYSP 1* et des danseurs humains (Maurice Béjart, Tania Bari et Marie-Claire Carrié) sur le toit de la *Cité radieuse* de Le Corbusier à Marseille [47].

Dans l'esprit du situationnisme latent qui s'exprimera pleinement au cours de Mai 1968, Pask est un cybernéticien *romantique* qui pense que l'être humain, naturellement curieux, est en recherche constante de nouvelles expériences, de nouveaux environnements avec lesquels *interagir et apprendre* pour le plaisir. L'humain cherche de nouveaux objectifs à atteindre et, pour y parvenir, une forme de *contrôle*. Ce qu'il appelle *contrôle* n'est pas l'attitude prométhéenne de l'humain s'imposant de manière autoritaire au monde, il ne s'associe pas à l'image de l'autoritarisme machinique souvent associée à la cybernétique. Selon lui, le mot « *contrôle*, dans ce domaine symbolique, équivaut en gros à la *résolution de problèmes*, mais il peut également être interprété comme *s'accommoder de, expliquer ou se rapporter à un ensemble d'expériences existantes* » [48].

Avant tout, il veut créer « des environnements conçus pour encourager ou favoriser le type d'interaction qui est (par hypothèse) agréable » [45], en définissant le concept d'environnement « *aesthetically potent* », autrement dit esthétiquement *puissant* ou *éloquent*. Selon Pask [49] : « Un environnement 'esthétiquement puissant' est un environnement de toute sorte (auditif, comme dans la musique, verbal, visuel, tactile peut-être) que les gens sont susceptibles d'apprécier et qui sert à façonner leur plaisir. » Ce type d'environnement [45] répond à plusieurs conditions : (1) en faisant référence à la « loi de la variété requise » d'Ashby [34], l'environnement doit proposer à l'utilisateur une variété suffisante d'interactions, sans pour autant le rendre inintelligible ; (2) « Il doit contenir des formes qu'un humain peut apprendre à interpréter à différents niveaux d'abstraction » ; (3) « il doit fournir des indices ou des instructions tacites pour guider le processus d'apprentissage » ; (4) il doit interagir avec l'humain, « l'engager dans une conversation et adapter ses caractéristiques au mode de conversation prévalent ».

De l'art du spectacle à l'architecture, parmi d'autres possibles, trois œuvres majeures de Pask montrent comment il a tenté de développer des environnements esthétiquement puissants.

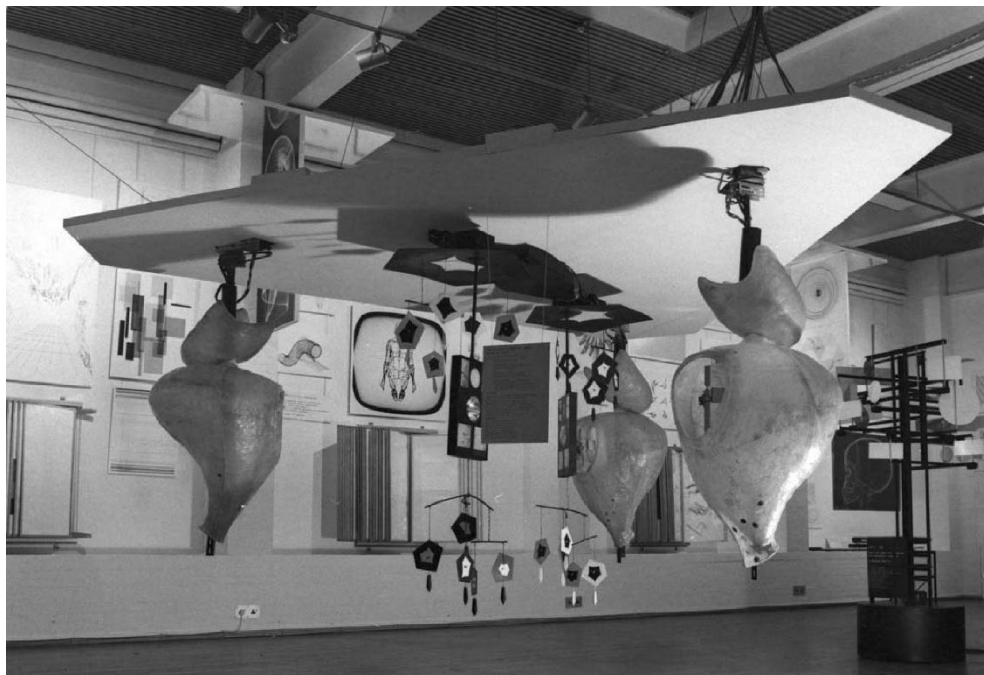


Figure 1. Gordon S. Pask, *Colloquy of Mobiles*, Exposition Cybernetic Serendipity, Institute of Contemporary Arts (ICA), Londres, 1968. © Cybernetic Serendipity 1968.

Premièrement, avec le *Musicolour* (1953-1957), Pask et McKinnon-Wood créent un appareil captant le son d'une performance musicale, sensible au rythme pour contrôler la lumière. La particularité de cet appareil est qu'il est conçu pour s'ennuyer [48]. Si la même rythmique apparaît trop souvent, la machine cesse de répondre pour amener le musicien à improviser, créant ainsi un dialogue entre la machine et le musicien, la machine apprenant du musicien et inversement. *Musicolour* est la première machine cybernétique avec une expérimentation psychologique sur l'apprentissage et l'adaptation. *Musicolour* permet la collaboration, la cocréation humain-machine [50] en prenant en compte l'« émergence temporelle du désir » [32].

Deuxièmement, présenté à l'exposition *Cybernetic Serendipity* (1968) [49], rassemblant des œuvres d'art internationales qui exploraient les relations entre la technologie et la créativité, entre l'art et l'ingénierie, le *Colloquy of Mobiles* comprend 5 robots photosensibles, rendus mobiles électriquement par rotation autour d'un axe vertical : 3 femelles avec des récepteurs *C* et *D*, et 2 mâles avec des émetteurs *O* et *P* pour représenter leurs « pulsions » (s'accumulant avec le temps comme des charges dans un condensateur) [48]. Les mâles sont en compétition pour les femelles et ils cherchent à « satisfaire » leurs « pulsions » en prenant pour cible les récepteurs *C* ou *D* des femelles. Si une femelle est intéressée par la satisfaction *O* ou *P*, elle se connecte aux mâles. Les robots émettent des couleurs orangées d'intensité variable en fonction de l'état de leurs désirs et de leur satisfaction. Les interactions optimales sont possibles dans le noir et, à un autre niveau, les êtres humains peuvent interagir avec les robots en envoyant des signaux de lumière (par exemple, des petits miroirs de maquillage). L'expérience montre que les êtres humains peuvent engager une discussion à un niveau plus élevé – un métalangage – avec des robots qui établissent simultanément leurs propres objectifs dans le système. C'est un groupe d'objets engageant une conversation, une coopération. Le *Colloquy of Mobiles* simule le comportement d'un système social : « Un environnement réactif et adaptatif à orientation sociale. Même en l'absence d'un être humain, les entités de l'environnement communiquent

entre elles et apprennent à se connaître. Mais un être humain peut entrer dans l'environnement et y participer, ce qui peut modifier le mode de conversation. » [48]

Troisièmement, à la rencontre du théâtre et de l'architecture, avec Joan Littlewood et Cedric Price, Pask participe au projet non construit du *Fun Palace* (1960-1966) dont le programme est de ne pas avoir de programme. Le *Fun Palace* est un théâtre cybernétique, un « laboratoire de l'amusement », un « complexe interactif et adaptable, éducationnel et culturel » pour permettre aux utilisateurs d'« apprendre » ensemble avec « plaisir et amusement », en fonction de l'« incertitude calculée » rendue possible par l'organisation cybernétique de l'édifice, le projet est une « université des rues », un modèle expérimental d'environnement social participatif [51]. Outre ce projet, Pask propose à Littlewood un théâtre cybernétique [52] capable de créer un *environnement esthétiquement puissant* dans lequel les acteurs et les spectateurs sont liés par des boucles de rétroaction permettant l'altération interactive du déroulement de la pièce et il travaille également avec Cedric Price sur le projet JapNET pour la ville de Kawasaki (années 1980).

5 Influences de Pask en architecture

En 1969, dans son article *The Architectural Relevance of Cybernetics* [53], Pask affirme que cybernétique et architecture ont une relation *intime*, parce qu'ils partageraient la même philosophie lorsqu'il faudrait résoudre des problèmes complexes prenant en compte les comportements humains et les sociétés. Selon lui, la cybernétique est une théorie qui peut fournir des concepts, à interpréter, à identifier et à s'approprier dans des systèmes architecturaux. Une théorie cybernétique de l'architecture pourrait être établie, cette théorie d'architecture formerait alors un « métalangage » affectant l'ensemble des conversations en architecture. Dans l'architecture classique, ce métalangage est diffusé – imposé – par l'intermédiaire des traités d'architecture, établissant des instructions et des styles architecturaux, permettant de discuter, de critiquer et d'évaluer les édifices. Mais depuis l'ère victorienne – apogée de la révolution industrielle et de l'Empire britannique –, Pask montre que de nouvelles techniques et de nouveaux programmes architecturaux sont apparus (gares, usines, grands halls d'expositions...) et que les édifices sont considérés comme faisant partie de l'écosystème et de la société, ce qui rend caduque la conception de projets d'architecture fondée sur un langage historicisant, aux possibilités limitées par un style, et nécessite la mise au point d'un *nouveau* métalangage.

La conception doit donc être fondée sur l'intégration des interactions dynamiques de l'édifice avec son contexte (environnement et société) pour produire des édifices capables de répondre à des changements de comportements, en recherchant un « *mutualism* » [53], une collaboration, une réciprocité ou une entraide entre les édifices et les sociétés qu'ils accueillent : « Il [le bâtiment] interagit perpétuellement avec ses habitants, d'une part en les servant et d'autre part en contrôlant leur comportement. » [53] Le *mutualisme* a deux conséquences : (1) l'importance de la forme plastique en architecture est remplacée par celle de la structure interactive ; (2) « Les architectes doivent concevoir des entités *dynamiques* plutôt que *statiques* » [53].

Alors que l'architecture classique était plutôt descriptive (taxinomie) et prescriptive (établissement des plans), depuis que les concepts de la cybernétique sont utilisés, l'architecture aurait l'avantage de posséder une « *predictive power* » [53]. En effet, la cybernétique rendrait le concepteur prospectif parce qu'elle donnerait des outils mimant certains aspects de la conception architecturale à l'aide de l'intelligence artificielle de programmes informatiques.

Lorsqu'il enseignait à la AA School de Londres, Pask a influencé plusieurs générations d'étudiants en architecture. Il a également été professeur à l'Institute of Educational Technology à l'Open University et dans le Department of Cybernetics de la Brunel

University à Uxbridge. À Brunel, Pask aurait supervisé 12 doctorats, dont 8 architectes, dont 6 de la AA School [54].

Au sein d'Architecture Machine Group (AMG) (1967-1985), qui deviendra le MIT Media Lab, Nicolas Negroponte étudie les interactions entre machines et humains en partant du principe que les premières ne doivent pas singer ou remplacer les seconds, mais qu'ils doivent collaborer dynamiquement dans les processus de conception [55,56]. Avec l'installation *SEEK* (1970), il crée un prototype de *cit*é, inspirée des idées de Yona Friedman, composée de blocs empilés et habitée par une colonie de souris vivantes. Avant d'être complètement rattrapé par le chaos qui y règne, un bras robotique contrôlé par ordinateur a pour mission d'établir une interaction entre les rongeurs et leur habitat en *dé*tectant leurs actions imprévisibles dans l'espace et en *apprenant* de celles-ci. Lorsque Negroponte édite un livre reprenant une série d'expériences de l'AMG entre 1968 et 1972 [57], il invite Pask à écrire un condensé de son approche formelle de la conversation [58] et les dessins qu'il y réalise pour expliquer la CT capturent toutes les interactions impliquées dans différents types de conversations et leur influence sur les chercheurs de l'AMG est durable. Pask est également impliqué dans deux projets de recherche au AMG : (1) HUNCH (1972), un système de reconnaissance de dessins, développé par James Taggart, dans lequel la machine observe l'utilisateur qui dessine ; (2) Graphical Conversation Theory (1977), cherchant à articuler, entre autres, la CT, l'aide à la conception et le graphisme avec ordinateur. L'ambition de Pask était de remplacer les outils de conception classiques (par exemple, un support de dessin *passif* sur lequel l'architecte projette ses idées) par des outils qui s'adaptent au comportement des concepteurs et qui les influencent [32].

Après le *Fun Palace*, Pask a également travaillé sur le *Generator Project* (1976-1979), dans le cadre duquel il a engagé John H. et Julia Frazer comme consultants informatiques pour construire le modèle électronique du projet. Plus tard, John H. Frazer travaille sur le projet *Morphogenesis* (1989-1996) – auquel participe Pask jusqu'à sa mort – en créant des unités architecturales à l'évolution quasiment biologique et adaptable en temps réel au contexte [59].

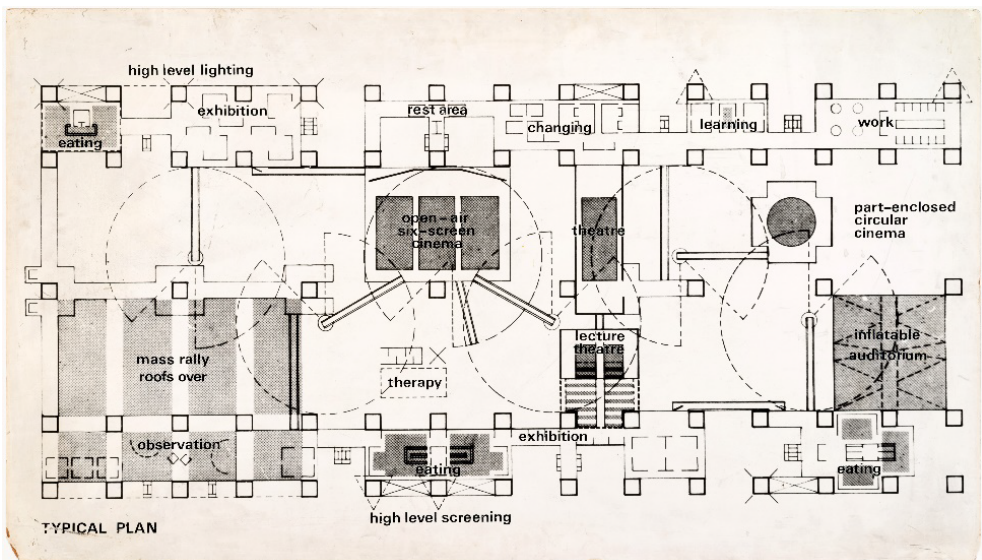


Figure 2. Cedric Price, Typical plan of Fun Palace complex, ca. 1964.
© Canadian Centre for Architecture, Cedric Price fonds, DR1995:0188:710.

Outre les nombreux concepteurs influencés par ses écrits et ses enseignements, les idées de Pask ont eu plusieurs effets en architecture : (1) la création d'architectures interactives directement inspirées par le projet du *Fun Palace* (par exemple, *New Babylon* (1959-1974) de Constant Nieuwenhuys, *Walking City* (1964-1966) de Ron Herron, *Plug-In City* (1964) de Peter Cook, *Centre Pompidou* (1977) de Renzo Piano, Richard Rogers et Gianfranco Franchini...) ou plus récentes (par exemple, *Institut du Monde Arabe* (1981-1987) de Jean Nouvel, *Aegis Hypo-Surface* (1999) de deCOI Architects avec Mark Burry, *H2Oexpo* (1993-1997) et *Son-O-House* (2000-2004) de Lars Spuybroek...) ; (2) la volonté d'« imiter certains aspects de la conception architecturale par des programmes informatique dotés d'intelligence artificielle » pour intégrer la « *machinery of production* » [53], en simulant les systèmes constructifs des projets et leurs contraintes, dans une « préfiguration des programmes de modélisation des données du bâtiment (BIM) » [60] ; (3) l'émergence d'outils renforçant la « *predictive power* » [53] des méthodes de conception architecturale (par exemple, la conception paramétrique et les interfaces de programmation visuelle) ou de projets d'architecture capable d'instaurer des *aesthetically potent environments* apportant des réponses qualitatives à la diversité et à l'interconnexion des processus sociaux de l'âge de l'information (par exemple, la régulation de champs du « *parametricism* » [61] fournissant aux usagers, à l'aide d'une topologie spatiale complexe, des potentialités spatiales de proximité et d'interconnexion).

6 Conclusions

En combinant ses recherches en psychologie (conversation et apprentissage) et en cybernétique (interaction entre machines et humains), Pask questionne les modalités conversationnelles entre les acteurs de la conception architecturale à plusieurs niveaux : entre les architectes et les outils de conception, entre les architectes et les autres acteurs de la conception, entre les édifices et leurs utilisateurs. La CT donne un éclairage différent au sujet des échanges informationnels à l'œuvre dans les processus de conception mettant en coprésence des concepteurs humains et des outils de conception dotés d'IA. Alors que les recherches en interaction humain-machine (IHM) opposaient traditionnellement internalismes et externalismes, la CT anticipe leurs évolutions en faveur de l'hybridation. L'intégration d'autres formes de cognition dans les équipes de conception remet en cause fortement le statut traditionnel de concepteur et questionne une potentielle « obsolescence programmée » de l'architecte humain [62]. Si bien que le mot *concepteur* prend un sens plus large, puisqu'il peut désigner une femme ou un homme, mais également une machine dotée d'intelligence artificielle ou toute hybridation/groupement entre ces différents êtres. Ces différentes modalités d'être forment les acteurs d'un véritable *écosystème numérique* dont les réelles interactions et leurs influences sur la conception du projet sont encore peu connues. La mise en réseau d'outils de conception dotés d'IA – symboliques et connexionniste – fournit un formidable terrain de jeu pour les architectes, mais les machines – à l'image des « *entailment meshes* » de Pask – qui permettent leur fonctionnement sont complexes à construire et à paramétrer. Par ailleurs, les IA possèdent aujourd'hui une forme d'autonomie, mais la métacognition nécessaire pour contrôler leur fonctionnement et donner un sens aux processus de pro jet tation architecturale reste humaine.

Références

1. A. M. Turing, *On Computable Numbers, with an Application to the Entscheidungsproblem*, Actes du colloque de la London Mathematical Society **42**, 230–265 (1936)
2. N. Wiener, *Extrapolation, Interpretation and Smoothing of Stationary Time Series with Engineering Applications* (Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA, 1942)
3. A. Rosenblueth, N. Wiener, and J. Bigelow, *Behavior, purpose and teleology*, Philosophy of Science **10**(1), 18–24 (1943)
4. R. Descartes, *Discours de la méthode pour bien conduire sa raison et chercher la vérité dans les sciences. Plus la dioptrique, les météores et la géométrie qui sont des essais de cette méthode* (Ian Maire, Leyde, 1637)
5. J. O. de La Mettrie, *L'homme Machine* (Elie Luzac, Leyde, 1748)
6. Vitruve, *De l'architecture [De architectura]* (les Belles Lettres, Paris, 2015)
7. P. Cassou-Noguès, *Pourquoi les tortues ?* in *Neurones, les intelligences simulées : mutations, créations*, edited by F. Migayrou and C. Lenglois (HYX, Paris, 2020), pp. 101–108
8. H. L. Dreyfus, *What Computers Can't Do: A Critique of Artificial Reason* (Harper & Row, New York, NY, 1972)
9. D. Crevier, *AI: The Tumultuous History of the Search for Artificial Intelligence* (Basic Books, New York, NY, 1993)
10. M. J. Wooldridge, *A Brief History of Artificial Intelligence: What It Is, Where We Are, and Where We Are Going* (Flatiron Books, New York, 2021)
11. W. S. McCulloch and W. Pitts, *A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity*, Bulletin of Mathematical Biophysics **5**(4), 115–133 (1943)
12. F. Rosenblatt, *The perceptron: A probabilistic model for information storage and organization in the brain*, Psychological Review **65**(6), 386–408 (1958)
13. A. M. Turing, *Computing Machinery and Intelligence*, Mind LIX **236**, 135–175 (1950)
14. J. von Neumann, *First Draft of a Report on the EDVAC* (Moore School of Electrical Engineering, University of Pennsylvania, 1945)
15. J. McCarthy, M. L. Minsky, N. Rochester, and C. E. Shannon, *A Proposal for the Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence* (1955)
16. J. Weizenbaum, *ELIZA – A Computer Program for the Study of Natural Language Communication between Man and Machine*, Communications of the ACM **9**(1), 36–45 (1966)
17. C. Lévi-Strauss, *Anthropologie Structurale* (Pocket, Paris, 1958)
18. N. Wiener, *Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machine* (MIT Press, Cambridge, MA, 1948)
19. C. E. Shannon, *A Mathematical Theory of Communication (part I)*, Bell System Technical Journal **27**(3), 379–423 (1948)
20. J.-L. Le Moigne, *La Théorie Du Système Général : Théorie de La Modélisation* (Presses universitaires de France, Paris, 1977)
21. J.-L. Le Moigne, *La Modélisation Des Systèmes Complexes* (Dunod, Paris, 1990)
22. L. von Bertalanffy, *General System Theory* (Georges Braziller, New York, NY, 1968)
23. J. de Rosnay, *Le Macroscopie : Vers une vision globale* (Seuil, Paris, 1975)
24. W. R. Ashby, *Principles of the Self-Organizing Dynamic System*, The Journal of General Psychology **37**(2), 125–128 (1947)

25. H. von Foerster, *On Self-organizing Systems and their Environments*, in *Self-Organizing Systems*, edited by S. Cameron and M. C. Yovit (Pergamon Press, London, 1959), pp. 31–50
26. H. R. Maturana and F. J. Varela, *De máquinas y seres vivos, Autopoiesis: La organización de lo vivo* (Editorial Universitaria, Santiago, 1972)
27. M. L. Minsky and S. A. Papert, *Perceptrons: An Introduction to Computational Geometry* (The MIT Press, Cambridge, MA, 1969)
28. J. J. Hopfield, *Neural networks and physical systems with emergent collective computational abilities*, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, **79**(8), 2554–2558 (1982)
29. D. E. Rumelhart and J. L. McClelland, *Parallel Distributed Processing: Explorations in the Microstructure of Cognition: Foundations* (The MIT Press, Cambridge, MA, 1986)
30. J. Pearl, *Probabilistic Reasoning in Intelligent Systems: Networks of Plausible Inference* (Morgan Kaufmann, Burlington, MA, 1988)
31. Y. LeCun, Y. Bengio, and G. Hinton, *Deep learning*, *Nature* **521**(7553), 436–444 (2015)
32. A. Pickering, *The Cybernetic Brain: Sketches of Another Future* (University of Chicago Press, Chicago; London, 2010)
33. W. R. Ashby, *Design for a Brain: The Origin of Adaptive Behaviour* (John Wiley & Sons, New York, NY, 1954)
34. W. R. Ashby, *An Introduction to Cybernetics* (Chapman and Hall, London, 1956)
35. G. S. Pask, *An Approach to Cybernetics* (Hutchinson, London, 1961)
36. G. S. Pask, *Heinz von Foerster's self organization, the progenitor of conversation and interaction theories*, *Systems Research* **13**(3), 349–362 (1996)
37. G. S. Pask and F. F. Kopstein, *Teaching Machines Revisited in the Light of Conversation Theory*, *Educational Technology* **17**(10), 38–41 (1977)
38. G. S. Pask, *The Cybernetics of Human Learning and Performance: A Guide to Theory and Research* (Hutchinson Educational, London, 1975)
39. G. S. Pask, *Conversation, Cognition and Learning: A Cybernetic Theory and Methodology* (Elsevier, Amsterdam, 1975)
40. G. S. Pask, *Conversation Theory: Applications in Education and Epistemology* (Elsevier, Amsterdam/New York, 1976)
41. G. S. Pask, *Organic Control and the Cybernetic Method*, *Cybernetica* **1**, 155–173 (1958)
42. G. S. Pask, *The limits of togetherness*, in *Information Processing*, edited by S. H. Lavington, North Holland Publishing Company. (Amsterdam, 1980), pp. 999–1012
43. C. E. Shannon, *A Mathematical Theory of Communication (part 2)*, *Bell System Technical Journal* **27**(4), 623–656 (1948)
44. C. E. Shannon and W. Weaver, *The Mathematical Theory of Communication*, The University of Illinois Press (Cambridge University Press, Urbana, IL, 1949)
45. D. A. Schön, *The Reflective Practitioner: How Professionals Think in Action* (Basic Books, New York, NY, 1983)
46. A. Pierre, editor, *Nicolas Schöffer, Espace Lumière temps* (LaM, Lille Métropole musée d'art moderne, d'art contemporain et d'art brut Fonds Mercator, Villeneuve-d'Asq Bruxelles, 2018)
47. N. Schöffer, *La Ville Cybernétique* (Tchou, Paris, 1969)
48. G. S. Pask, *A Comment, a Case History and a Plan*, in *Cybernetics, Art, and Ideas*, edited by J. Reichardt, New York Graphic Society (Greenwich, CT, 1971), pp. 76–99
49. J. Reichardt, editor, *Cybernetics Serendipity: The Computer and the Art*, Studio International (New York Graphic Society, London; New York, 1968)

50. L. C. Werner, *Gordon Pask and the Origins of Design Cybernetics*, in *Design Cybernetics: Navigating the New*, edited by T. Fischer and C. M. Herr (Springer International Publishing, Cham, 2019), pp. 65–84
51. J. Littlewood, *Laboratory of Fun*, *The New Scientist* **14**, 432–433 (1964)
52. G. S. Pask, *Proposals for a Cybernetic Theatre* (Non Publié) (1964)
53. G. S. Pask, *The Architectural Relevance of Cybernetics*, *Architectural Design* **37**(6), 494–496 (1969)
54. R. Glanville, *Try again. Fail again. Fail better: The cybernetics in design and the design in cybernetics*, *Kybernetes* **36**(9/10), 1173–1206 (2007)
55. N. Negroponte, *Towards a Humanism Through Machines*, *Architectural Design* **7**(6), 511–512 (1969)
56. N. Negroponte, *The Architecture Machine: Toward a More Human Environment*, 2nd ed. (MIT Press, Cambridge, MA, 1970)
57. N. Negroponte, *Soft Architecture Machines* (MIT Press, Cambridge, MA, 1975)
58. G. S. Pask, *Aspects of Machine Intelligence*, in *Soft Architecture Machines*, edited by N. Negroponte (MIT Press, Cambridge, MA, 1975), pp. 6–31
59. J. H. Frazer, *The cybernetics of architecture: A tribute to the contribution of Gordon Pask*, *Kybernetes* **30**(5/6), 641–651 (2001)
60. M. Roussel, *De la cybernétique à l'architecture numérique : retour sur un demi-siècle de théories, pratiques, et projets expérimentaux*, *Canadian Journal of Communication* **42**(3), pp.515–533 (2017)
61. P. Schumacher, *Parametricism: A New Global Style for Architecture and Urban Design*, *Architectural Design*, **79**(4), 14–23 (2009)
62. D. Claeys, *Entre cogitation et computation : comment déjouer l'obsolescence programmée de l'architecte ?*, in *Anticrise architecturale : analyse d'une discipline immergée dans un monde numérique*, edited by D. Claeys (Presses universitaires de Louvain, Louvain-la-Neuve, 2021), pp. 157–176