

Turing, Von Neumann : deux nerds de la guerre et de l'informatique

Dans la pléiade de scientifiques ayant contribué à l'émergence de l'intelligence artificielle se détachent ces deux visionnaires, dont les recherches ont été encouragées et financées par les Alliés dans leur combat contre l'Allemagne nazie. **PAR AURORE CROUZET**

L'intelligence artificielle est née d'une profusion de théories et concepts formalisés par des visionnaires de leur époque. Parmi eux, deux grands noms du ^{xx}e siècle se démarquent. Leurs travaux phares sur le sujet furent antérieurs à la création du premier ordinateur. Les destins croisés du Hongrois John Von Neumann et du Britannique Alan Turing autour de l'IA laissent une empreinte historique qui permet d'atteindre ce que nous connaissons de cette discipline aujourd'hui.

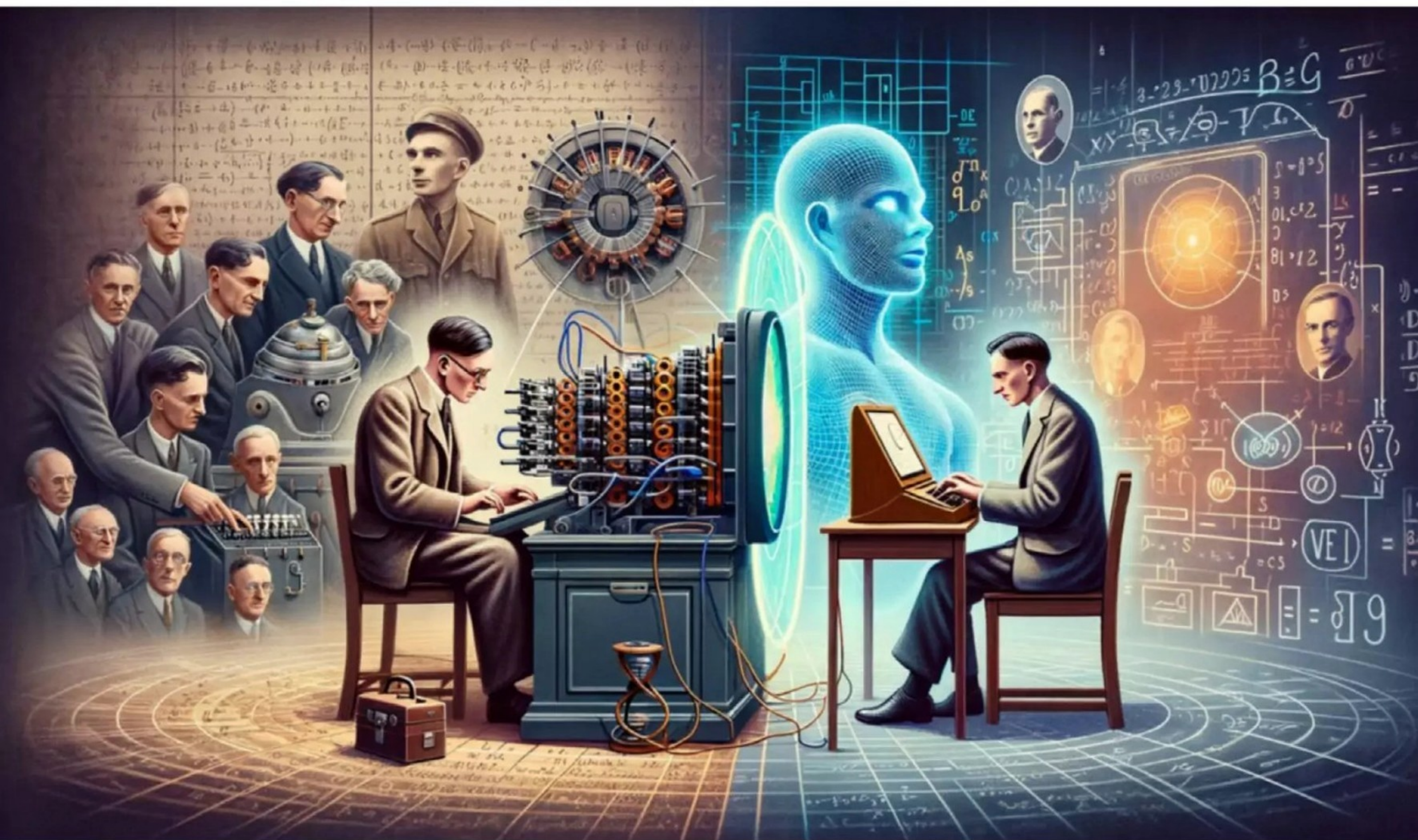
Alan Turing est né à Londres en 1912. Issu d'une famille de la classe moyenne à haute de Grande-Bretagne, il s'émancipe très tôt des règles dictées par les vestiges des valeurs victoriennes. Enfant prodige, il commence son parcours scolaire au King's College de Londres, où il obtient son diplôme de major en 1934, et l'achève à Princeton, où il reçoit son PhD [doctorat, ndlr] en 1938. À 23 ans seulement, Turing décide de se lancer sur «le problème de la décision» – *Entscheidungsproblem* en allemand –, formalisé par David Hilbert en 1928. Ce dernier souhaite alors savoir s'il est possible de créer une machine



Réplique Semblables à cette reconstitution, des machines appelées « Bombes » ont été conçues à partir de 1939 par Turing pour casser les codes d'Enigma.

capable de déterminer de manière décisive et automatique la véracité de n'importe quelle déclaration mathématique. En 1937, Alan Turing publie son article *On Computable Numbers, with an Application to the Entschei-*

dungsproblem, dans lequel il prouve qu'aucun algorithme n'a la capacité de déterminer la validité de toutes les déclarations logiques, apportant une réponse négative au problème de Hilbert. Une autre preuve antérieure avait



Jeu de l'imitation En 1950, Alan Turing imagine un test de questions-réponses où une machine se ferait passer pour un humain. Créé en 1966, le programme de psychothérapie Eliza est le premier à s'approcher de cette frontière. Illustration du logiciel d'IA DALL-E.

été publiée entre 1935 et 1936 par le célèbre mathématicien Alonzo Church. Au cours de l'année de rédaction de l'article de Turing, il développe le concept de machine de Turing. La machine de Turing est un rouage fondamental de l'IA moderne. Il s'agit d'une machine qui permet de déterminer les capacités et les limites d'un ordinateur.

Créer le premier ordinateur intégralement électronique

Elle est également au cœur de la fameuse thèse de Church-Turing, qui stipule que les machines de Turing peuvent effectuer tout calcul algorithmique imaginable. En 1938, après avoir validé son PhD à Princeton, Alan Turing s'est vu offrir un poste d'assistant par John Von Neumann, alors professeur à l'*Institute for Advanced Study* de Princeton. Cependant, les accords de Munich n'ayant pas encore été signés, Alan Turing a alors les yeux

rivés sur la guerre et s'inquiète de voir son pays envahi par Hitler. C'est pourquoi il refuse l'offre de Von Neumann et rentre en Angleterre. Turing rejoint alors le centre de décryptage de Bletchley Park. Là-bas, avec une équipe de dix personnes, il conçoit l'un des premiers ordinateurs : le Colossus, créé pour déchiffrer les messages du haut commandement nazi encodés par la machine Lorenz. Toujours dans cette dynamique, et pour décrypter les messages de la marine de guerre allemande, encodés par la fameuse machine Enigma, Alan Turing développe en 1940 «la Bombe» – la clé de décryptage d'Enigma. Les efforts de Turing et de son équipe ont permis d'aider les Alliés à gagner la guerre et à la raccourcir de plusieurs années.

Après cette prouesse, Alan Turing intègre le *National Physical Laboratory*, où il travaille notamment sur le projet ACE (pour *Automatic Computing*

Engine), qui a pour objectif de créer le premier ordinateur intégralement électronique, par opposition au Colossus, qui était électromécanique. En 1948, il rejoint l'université de Manchester. En 1950, il publie son célèbre article *Computing Machinery and Intelligence*, dans lequel il dévoile le test de Turing, pilier de l'intelligence artificielle, bien que le terme n'existe pas encore à l'époque. C'est par ce test qu'il conceptualise l'appréciation de l'intelligence d'une machine. L'expérience de pensée met en avant trois personnes : A, B et C. A étant un homme ; B, une femme et C, un interrogateur. Le but de cette expérience est de déterminer si C aura la capacité de déterminer via des échanges de questions-réponses le genre de A et celui de B. C'est seulement après que Turing explore l'alternative d'intégrer une machine à la place de A ou B, l'enjeu étant pour C de déterminer qui de A ou B est une...

... machine. C'est ici qu'il introduit la notion d'imitation: au lieu de définir une machine comme pensante, il considère que sa capacité à tromper C dépendra de sa capacité d'imitation de l'humain. C'est dans son article *Intelligent Machinery*, publié de manière posthume en 1969, qu'il formalise la façon dont une machine pourrait être construite pour imiter l'être humain, en exposant notamment la notion de «machine enfant», base de l'apprentissage supervisé, qui sera remis en question par John Von Neumann.

Des organismes naturels aux automates artificiels

Ce dernier est né en 1903 à Budapest. D'origine hongroise, issu d'une famille de la haute bourgeoisie – son père est anobli en 1913 par l'empereur François-Joseph –, il est naturalisé américain en 1937. Lui aussi génie précoce, John Von Neumann est diplômé en 1926 de l'ETH Zurich en tant qu'ingénieur chimiste. La même année, il soutient sa thèse de mathématiques à la *Pazmany Peter University*. Sa contribution à l'intelligence

artificielle est un peu plus subtile que pour Alan Turing. De 1930 à 1943, il connaît plusieurs années fructueuses de recherche en mathématiques et en physique. Lors de la Seconde Guerre mondiale, il contribue notamment au projet Manhattan visant à la création de la bombe nucléaire. C'est en 1944 qu'il formalise l'architecture de l'EDVAC (pour *Electronic Discrete Variable Computer*) dans son article *First Draft of a Report on the EDVAC*. Cet article pose les bases de ce que l'on nomme aujourd'hui «l'architecture de Von Neumann», qui constitue la graine des ordinateurs modernes.

Sa contribution ne s'arrête pas là. En 1948, il publie *The General and Logical Theory of Automata* et dresse un parallèle entre les organismes naturels et les automates artificiels, stipulant que l'analyse de la régularité de ces organismes permettrait d'établir l'architecture des

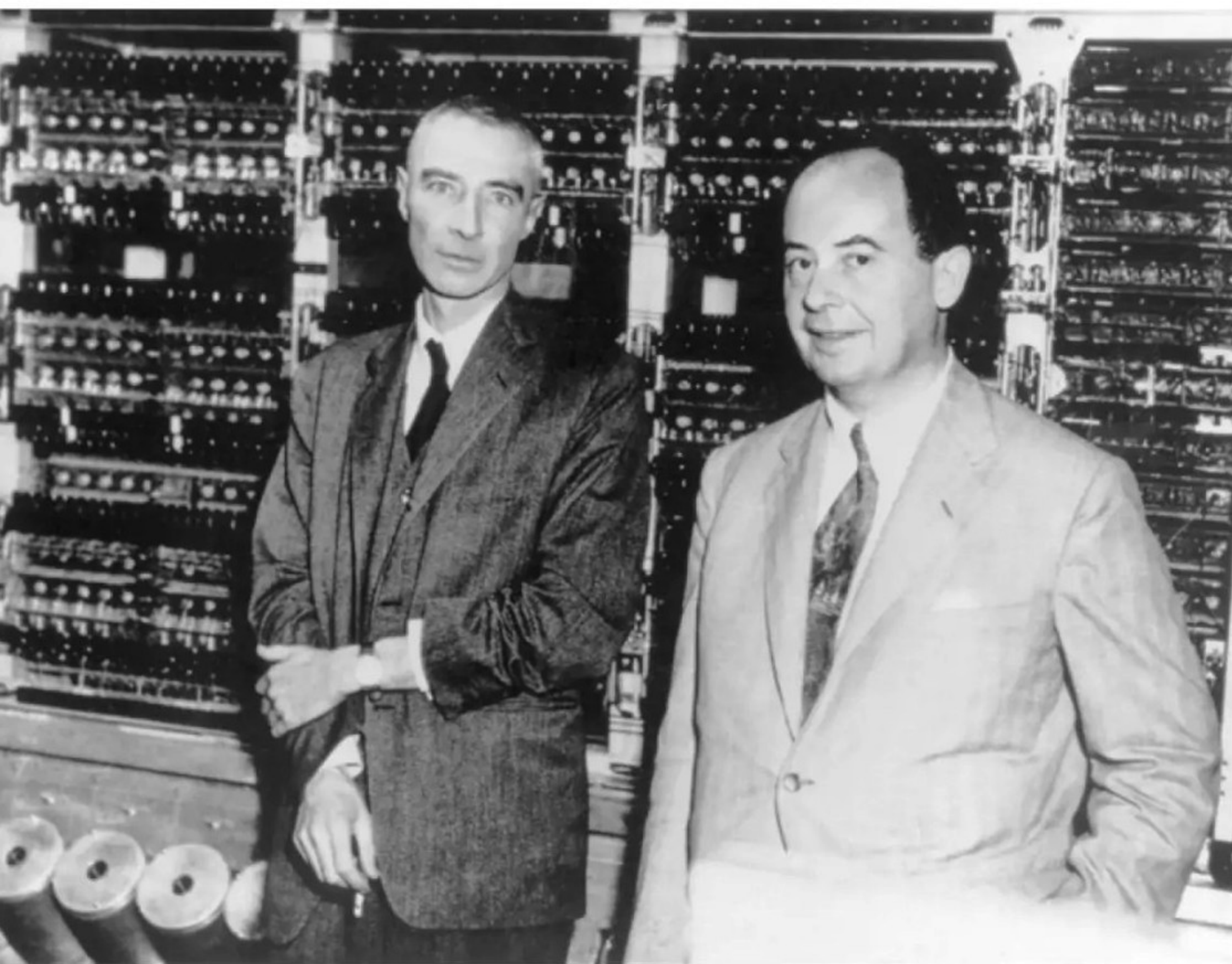
systèmes artificiels. Von Neumann souhaite créer un modèle basé sur les probabilités logiques. Et bien qu'il reconnaisse les travaux de McCulloch et Pitts sur le modèle des réseaux neuronaux lancés en 1943, il met en garde vis-à-vis de la compréhension sous-jacente de ces modèles d'un point de vue com-

“Les approches de Von Neumann et de Turing diffèrent au niveau de la matérialisation de l'IA”

putationnel, le risque étant de ne pas comprendre ce qu'il se passe derrière l'algorithme.

Les approches de Von Neumann et de Turing diffèrent au niveau de la matérialisation de l'intelligence artificielle. En effet, Alan Turing est partisan d'une approche de «machine enfant», qui apprend grâce à un parent instructeur, alors que John Von Neumann préfère se concentrer sur le concept d'«automate autoreproducteur», remettant en doute la possibilité de créer une machine intelligente à partir de la programmation seule. Après sa mort en 1957, le mathématicien Arthur W. Burks publie en 1966 l'ouvrage *Theory of Self-Reproducing Automata*, basé sur les notes de Von Neumann. Ce livre formalise la conception d'un automate autoreproducteur. Il explique ainsi comment une machine peut se répliquer en partant d'une série d'instructions. Il introduit notamment la notion de constructeur universel correspondant à une machine capable de créer n'importe quelle autre machine – y compris elle-même.

Bien que leurs caractères diffèrent en tout point, John Von Neumann étant extravagant, Alan Turing réservé, l'histoire de ces deux hommes a marqué celle de l'intelligence artificielle. Leur vie entrelacée de rencontres et d'entrevues est la pierre angulaire de cette discipline. ■



Architecte de l'informatique Appelé à participer au projet Manhattan lancé en 1939 et dirigé par Robert Oppenheimer (à g.), John Von Neumann (à dr.) jette les bases du calcul automatique et des futurs ordinateurs.

Les autres maîtres de l'IA

PAR AURORE CROUZET

Norbert Wiener, le cybernéticien

Né en 1894 à Columbia, il est le fondateur de la cybernétique, discipline étudiant les systèmes de communication et de contrôle chez les machines et les êtres vivants. En 1948, il publie *Cybernetics*, un essai montrant les analogies de régulation entre machines et êtres vivants. Wiener montre comment les machines peuvent apprendre et s'adapter à leur environnement, influençant le développement des systèmes intelligents et autonomes et ouvrant la voie à l'IA moderne.

GRANGER COLL. NY/AURIMAGES



Claude Shannon, droit au bit

Né en 1916, il est considéré comme le père de la théorie de l'information. Ingénieur et mathématicien, il publie en 1948 *A Mathematical Theory of Communication*, introduisant le concept de « bit ». Ce travail révolutionne la communication numérique et l'informatique, posant les bases essentielles de l'IA. Shannon apporte aussi des contributions majeures à la cryptographie et à la théorie des automates, influençant le traitement et la transmission des informations par les systèmes.

AKG-IMAGES/SPL



Marvin Minsky, ou l'esprit modélisé

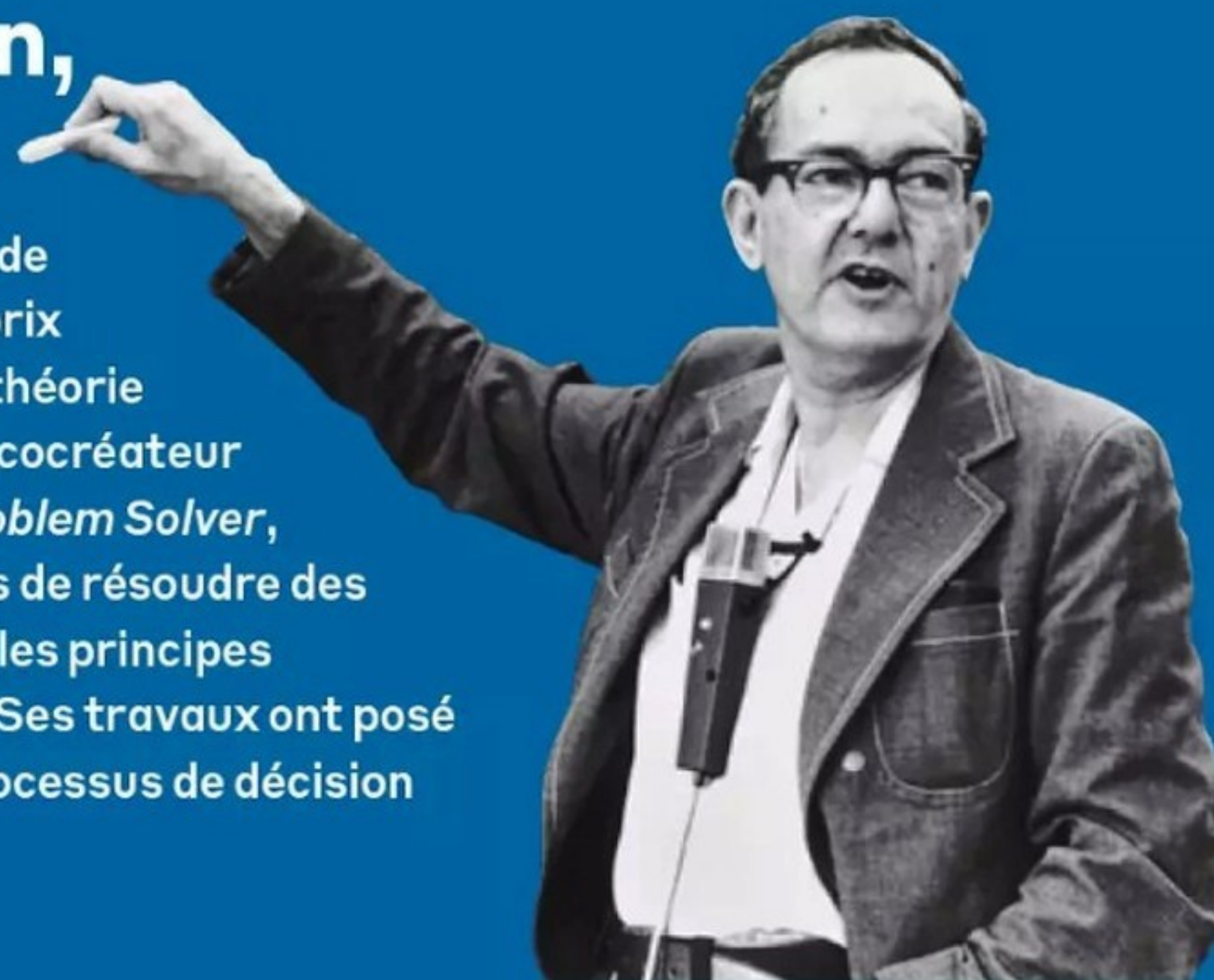
Figure emblématique de l'IA, il vient au monde à New York en 1927. Diplômé de Harvard et de Princeton, il cofonde en 1959 le laboratoire d'IA du *Massachusetts Institute of Technology* (MIT) avec John McCarthy. Minsky est reconnu pour ses travaux novateurs sur les réseaux de neurones et les cadres de représentation des connaissances. Son ouvrage *The Society of Mind* (1986) propose que l'intelligence résulte de l'interaction de processus simples pour aboutir à un développement complexe. Minsky a aussi contribué à la création de robots, influençant profondément le développement de l'IA et de la robotique.

ROBERT KASER/AP/SIPA

Herbert A. Simon, visionnaire de l'IA

Né à Milwaukee en 1916 et diplômé de l'université de Chicago, il reçoit le prix Nobel d'économie en 1978 pour sa théorie de la rationalité limitée. Simon est cocréateur du *Logic Theorist* et du *General Problem Solver*, les premiers programmes capables de résoudre des problèmes complexes et basés sur les principes de raisonnement de l'être humain. Ses travaux ont posé les bases de la modélisation des processus de décision et de la simulation cognitive.

PICTURE ALLIANCE/OPALE PHOTO



Geoffrey Hinton, le pape du deep learning

Né en 1947 à Wimbledon, Geoffrey Hinton est considéré comme le parrain de l'IA pour ses contributions fondamentales aux réseaux de neurones artificiels et à l'apprentissage profond. Professeur à l'université de Toronto, il a codéveloppé l'algorithme de rétropropagation, essentiel au développement des réseaux de neurones profonds. Hinton a également travaillé sur les machines de Boltzmann restreintes et les auto-encodeurs, jouant un rôle crucial dans les avancées en reconnaissance d'images et traitement du langage naturel, et ouvrant la voie à des applications d'IA avancées.

CHRIS YOUNG/AP/SIPA