

# 2023: l'Odyssee de l'IA

assistance à la conception d'un projet matériel

**Brian Tristam Williams (Elektor)**

Après avoir exploré les capacités de ChatGPT précédemment, en particulier notre discussion sur les mathématiques discrètes, j'ai pensé de plus en plus au problème de la Tour d'Hanoï, et j'ai décidé de me lancer dans un projet matériel ambitieux avec l'aide de notre amie l'IA.

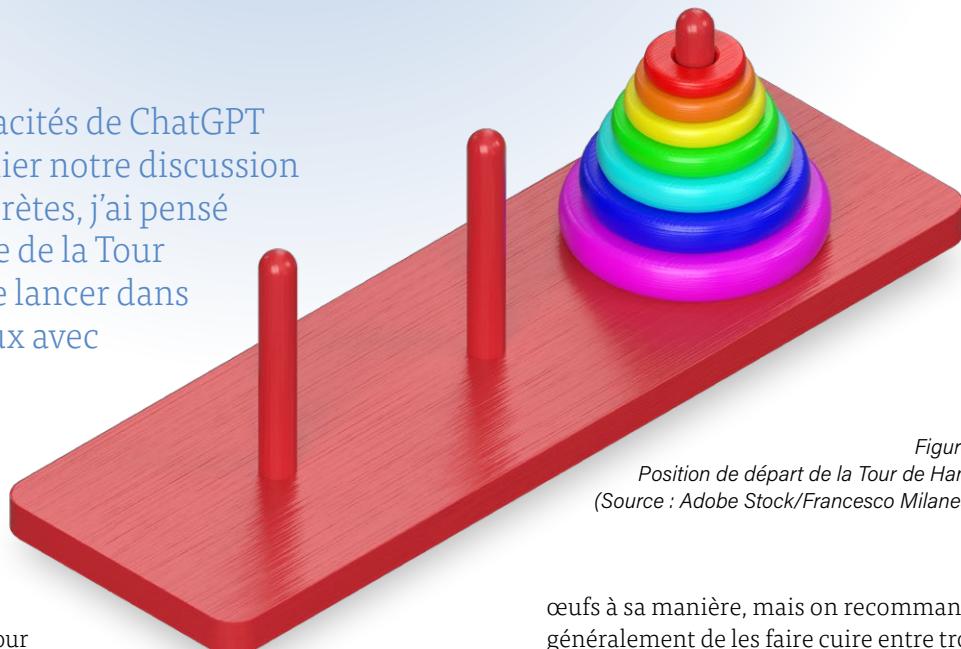


Figure 1.  
Position de départ de la Tour de Hanoï.  
(Source : Adobe Stock/Francesco Milanese)

## La Tour d'Hanoï

Rappelons tout d'abord les règles de la Tour d'Hanoï : il s'agit d'un casse-tête mathématique classique qui implique trois piquets, ou tiges, et un certain nombre de disques percés de trous qui peuvent être placés sur n'importe quel piquet (**figure 1**). Les disques sont de tailles différentes et le jeu commence avec tous les disques empilés les uns sur les autres, le plus grand en bas et le plus petit en haut, sur un seul piquet. L'objectif est de déplacer l'ensemble des disques vers un autre piquet, (un disque à la fois). Vous pouvez effectuer autant de déplacements que vous le souhaitez, mais vous ne pouvez pas placer un disque sur un autre plus petit. Pour en savoir plus, consultez la page Wikipédia du jeu [1], ou essayez-le vous-même en ligne [2].

Ce problème est souvent utilisé dans l'enseignement des algorithmes récursifs en informatique, car le nombre minimum de mouvements requis pour déplacer une tour de  $n$  disques est toujours une puissance

de deux moins un. Par exemple, dans l'exemple le plus minimal, supposons que nous n'ayons qu'un seul disque et que nous devions le déplacer vers un autre piquet. Combien de déplacements seraient nécessaires ? Eh bien, avec  $n = 1$ , le nombre minimum de déplacements,  $2^n - 1 = 1$ . Un seul coup, évidemment. Commencez avec deux disques, et il vous faudra  $2^2 - 1$ , soit trois coups. Trois disques nécessitent au moins sept coups, quatre disques 15 coups, et ainsi de suite.

## Construction

Après de longues nuits de réflexion, j'ai décidé de créer une minuterie pour la Tour d'Hanoï qui se règle automatiquement, avec un mouvement par seconde – si j'y parviens. Lorsque l'énigme est résolue, vos œufs sont cuits. Bien sûr, chacun aime ses

œufs à sa manière, mais on recommande généralement de les faire cuire entre trois et neuf minutes. Pour mes besoins, je pense que huit disques sont idéaux, ce qui prendra  $2^8 - 1$ , soit 255 déplacements pour le résoudre. À raison d'un déplacement par seconde, nous parlons de quatre minutes et 15 secondes. Cela me convient. (Naturellement, il faudrait pouvoir l'ajuster aux préférences des autres, mais c'est un détail pour plus tard).

Comme la programmation d'un microcontrôleur en langage assembleur, C, ou Arduino, etc., ne me pose aucun problème et que je peux manier un fer à souder sans me brûler les doigts, la programmation, la conception du circuit imprimé (si nécessaire) et la construction ne posent guère de problèmes. La raison pour laquelle ce projet est considéré comme ambitieux pour moi est que je suis nul en génie mécanique, même si je suis fasciné par la physique informatique depuis que j'ai découvert les premiers bras robotiques de bureau d'antan.



Absolutely, Brian. Designing a motorized arm from scratch can indeed be a bit daunting.

Here's a basic outline of a motorized arm concept that might work for your project:

### **Motorized Arm Structure:**

#### **1. Base Structure:**

- **Material:** Start with a sturdy material like aluminum or steel for the base to hold the motors and arms.
- **Design:** A circular or hexagonal base that allows for the placement of three spikes equidistant from each other.

#### **2. Arm Mechanism:**

- **Servo Motors:** Utilize servo motors at the base for the rotation of the arm around the central axis.
- **Linear Actuator:** Implement a linear actuator for vertical movements, allowing the arm to lift and lower the discs.

#### **3. End Effector:**

- **Design:** A simple clamp or fork design could work to pick up and hold the disks securely.
- **Material:** Consider lightweight materials like plastic or aluminum to reduce the load on the motors.

#### **4. Control System:**

- **Microcontroller:** Use a microcontroller (like Arduino or Raspberry Pi) to control the motors and actuators, following the Towers of Hanoi algorithm to move the disks accurately.
- **Power Supply:** Ensure a reliable power supply to the motors and controller.

#### **5. Software:**

- **Programming:** You'll program the microcontroller with the sequence of moves based on the Towers of Hanoi solution algorithm.
- **Manual Override:** Implement a manual override system to stop or reset the operation if needed.

Je dois construire une sorte de mécanisme qui soulève chaque disque de son piquet, le déplace au-dessus d'un autre, et le dépose proprement à sa place. Je suis conscient que faire cette opération une fois par seconde n'est pas une tâche facile, mais c'est mon objectif pour l'instant.

### **Demander l'aide de ChatGPT**

Ainsi, avec mon concept en place, j'ai demandé l'aide de ChatGPT. Nous avons eu une très longue discussion, qui ne s'est arrêtée que lorsque mon crédit GPT-4 s'est épuisé et que je n'ai pas pu continuer pendant un certain temps. C'est peut-être une bonne chose, car cet article ne devrait pas être trop long. Je ne vais pas répéter ici l'intégralité de la discussion de 9784 mots, mais vous trouverez le chat original à [3]. J'ai commencé par expliquer que j'avais besoin d'aide pour la conception mécanique de mon projet. ChatGPT a été très enthousiaste de m'aider. Il a proposé quelques bonnes idées de conceptions, telles qu'une base rotative pour déplacer les tours au lieu d'avoir à déplacer un bras d'un piquet à l'autre. Mais le soulèvement peut aussi se faire de différentes manières. Faut-il utiliser une pince, un électro-aimant, une ventouse ou autre chose ? Et comment le bras doit-il se déplacer de haut en bas ? Un actionneur linéaire semble intéressant, mais il

Figure 2. ChatGPT a immédiatement trouvé de bonnes idées.

est généralement assez coûteux, et donc peut-être excessif pour ce projet. Bien sûr, le bot a souligné que nous aurions besoin de capteurs pour détecter certaines choses, par exemple lorsqu'un disque est saisi fermement, et peut-être aussi lorsqu'il est déjà

soulevé suffisamment haut (si le logiciel ne peut pas le suivre). Il voulait aussi aider à détecter la taille de chaque disque, mais je ne pensais pas que c'était nécessaire parce que l'état instantané du jeu sera enregistré dans la mémoire de toute façon.

### **Nous avons tout ce qu'il faut**

Alors que nous explorons le thème de l'IA pour nous aider à réaliser nos idées créatives, qu'il s'agisse de concevoir un produit électronique, d'écrire le code de notre dernière idée fantaisiste ou, bien sûr, de nous aider à créer de véritables œuvres d'art, il convient de noter que nous avons déjà créé cette année deux couvertures de magazine impressionnantes en utilisant des images générées par l'IA. Ce retour quelque peu rafraîchissant à l'époque où nos couvertures étaient des œuvres d'art illustrées à la main ne peut pas être géré par le robot seul, et c'est pourquoi notre directeur artistique extrêmement talentueux, Harmen Heida, a dû affiner les messages et actualiser soigneusement le résultat final à l'aide de ses outils graphiques numériques ordinaires.

N'étant pas moi-même un artiste, je suis toujours un peu envieux de la créativité dont il faut faire preuve pour créer une couverture accrocheuse, sans parler du magnifique magazine que vous avez maintenant entre les mains. Si Midjourney [4] peut nous aider à voir ce que nous ne pouvions qu'imaginer auparavant, il existe de nombreuses autres visions, plus techniques, que nous pouvons réaliser grâce à l'IA.



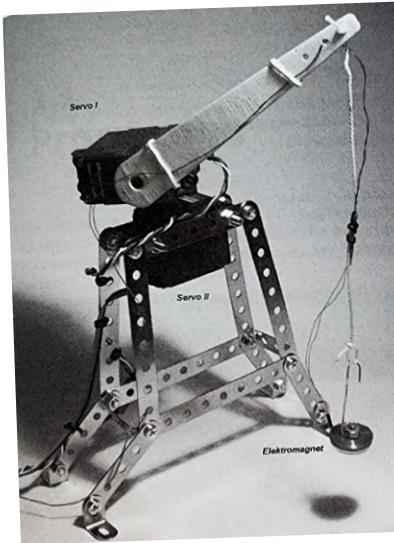


Figure 3: Voici comment Spanner construit un prototype (Source : Arduino: Circuits and Projects Guide (Elektor, 2013))

Je lui ai demandé de me donner les grandes lignes de la construction. J'ai été impressionné par les éléments qu'il a pris en compte (figure 2). Il a tenté de m'aider avec le logiciel, mais je lui ai répété que je pouvais le faire moi-même, que je voulais juste une conception mécanique qui ne détruirait pas la cuisine avec des disques volants.

### Choix des composants

Lorsque nous avons abordé la question de la rotation du mécanisme pour passer d'un piquet à l'autre, nous avons dû choisir entre un servo (ma première idée) et un moteur pas à pas. Lorsque j'ai demandé lequel choisir, il a expliqué en détail les avantages et les inconvénients des deux solutions. D'après les réponses (voir [3]), je préfère toujours un servomoteur pour la rotation autour de l'axe Y.

Et comment obtenir un mouvement vertical le long de l'axe Y ? Un actionneur linéaire, ou peut-être un moteur à une tige filetée bon marché ? Je suis sûr qu'il y a de meilleures solutions, et peut-être que nos lecteurs ou mes brillants collègues chez Elektor ont une idée, mais je voulais juste résoudre ce problème moi-même avec l'aide de ChatGPT (et beaucoup de recherches sur Google pour trouver des pièces appropriées).

Après avoir discuté du mouvement vertical, nous sommes arrivés à la conclusion que la minuterie ne devrait pas être démarrée tant que l'eau ne bout pas. Cela prend un certain temps. Que faire ? La casserole qu'on surveille ne déborde jamais ? À moins de trouver un moyen de faire en sorte que la minuterie surveille l'eau. Capteur de tempé-

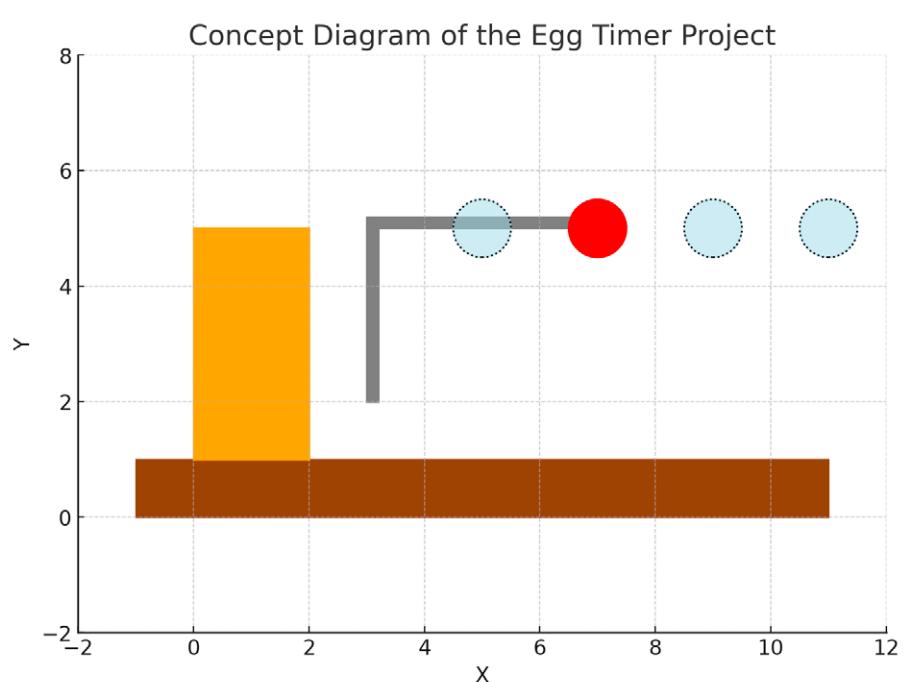


Figure 4. Ce croquis conceptuel n'était pas très encourageant.

rature ? En écoutant le son ? Minuterie fixe ? Nous verrons cela plus tard. Tout d'abord, construisons une tour fonctionnelle. J'ai décidé de réaliser un prototype sur quelque chose de simple, comme le jeu Meccano que j'avais acheté lorsque je travaillais avec Günter Spanner sur son livre Arduino: Circuits and Projects Guide (Elektor, 2013). Le livre m'a même donné le goût d'assembler quelques structures mécaniques simples (figure 3), je suis donc heureux de Meccanotyper mon projet. Plus tard, nous pourrons parler de la découpe au laser de certaines pièces personnalisées.

### Visualisation

La possibilité d'afficher des visualisations est ce qui différencie le GPT-4 des versions précédentes, j'ai lui donc demandé de me montrer ce qu'il avait à l'esprit. J'avais le choix entre une esquisse en 2D, un diagramme de flux ou un diagramme conceptuel, et j'ai opté pour le dernier. Cependant, le résultat n'était pas du tout "intelligent" (figure 4).

J'espérais donc que l'esquisse en 2D donnerait quelque chose qui ressemblerait vraiment aux idées dont nous avions parlé. Ce n'était guère mieux (figure 5) - les

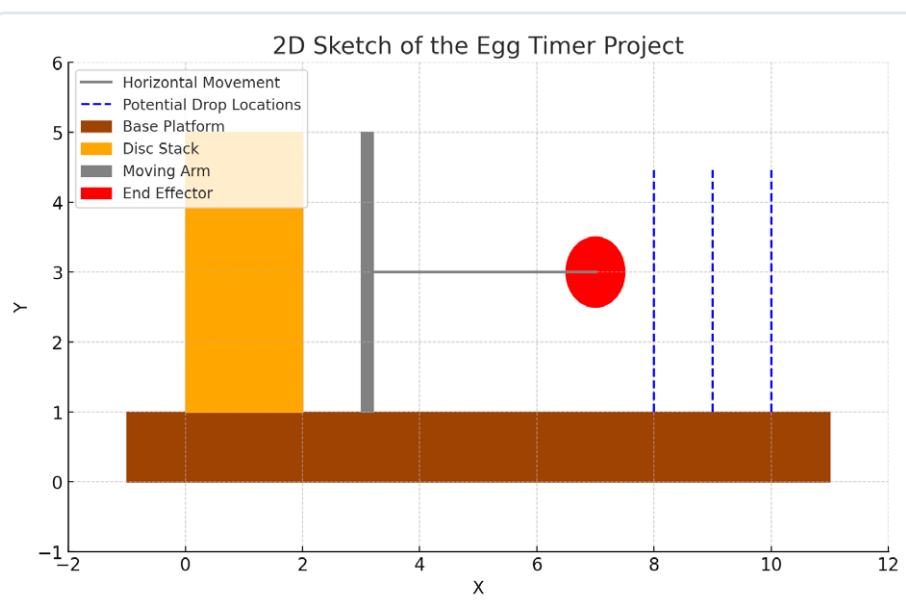


Figure 5. L'esquisse en 2D n'était pas beaucoup mieux.

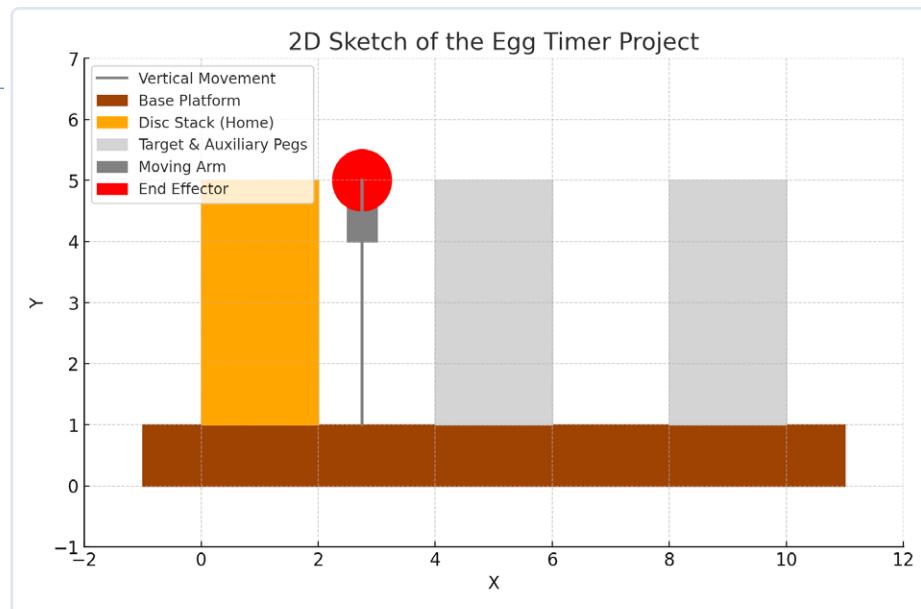


Figure 6. Après cette esquisse 2D améliorée, j'ai laissé tomber l'idée de visualisation.

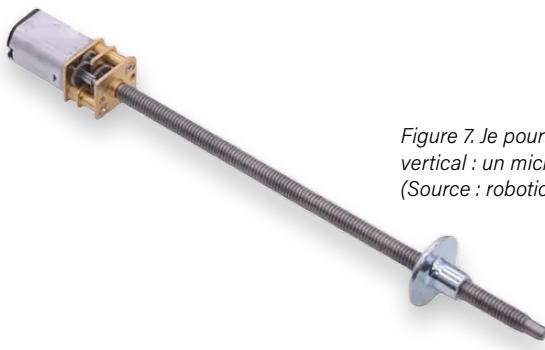


Figure 7. Je pourrais utiliser ceci pour le déplacement vertical : un micromoteur N20 à tige filetée de 100 mm. (Source : robotics.org.za/N20-500-L100-6V)

disques (tous de la même taille, apparemment) ne sont même pas sur l'un des piquets ! Après quelques corrections, nous avons obtenu la **figure 6**, mais, à ce stade, j'ai décidé que les visualisations ne seraient pas un grand succès, du moins pas avec les messages-guides que j'utilisais.

Je suis revenu brièvement sur ma décision lorsqu'il m'a proposé une "visualisation" sous la forme d'un fichier sans extension que je pouvais télécharger. Ce fichier mystérieux m'intriguait suffisamment pour que je veuille l'étudier.

Donc, à ce stade, j'ai décidé d'utiliser un servo pour la rotation de la base et une griffe de robot pour attraper les disques. Ce que nous avons conclu, avant d'épuiser mes jetons, c'est une discussion sur le type

de mécanisme linéaire à utiliser, en particulier je me suis renseigné sur un moteur N20 à une tige M4 de 100 mm, 500 RPM, 6 V (**figure 7**).

### À suivre...

À ce stade, non seulement mon temps de calcul est écoulé, mais nous n'avons plus de place pour cet article. Je me suis lancé dans un projet qui ne peut pas être résolu avec mes connaissances en électronique, et qui reste donc un défi. La prochaine fois, je vous tiendrai au courant des progrès réalisés !

230181-C-04



### À propos de l'auteur

Brian Tristam Williams a toujours été fasciné par les ordinateurs et l'électronique depuis qu'il a eu son premier "micro-ordinateur" à l'âge de 10 ans. Son aventure avec Elektor Magazine a commencé lorsqu'il a acheté le magazine pour la première fois à l'âge de 16 ans. Depuis, il n'a cessé d'explorer le monde de l'électronique et de l'informatique. Il a commencé à travailler pour Elektor en 2010 ; aujourd'hui, il garde un œil sur les dernières tendances technologiques, notamment en matière d'intelligence artificielle et d'ordinateurs monocartes tels que le Raspberry Pi.

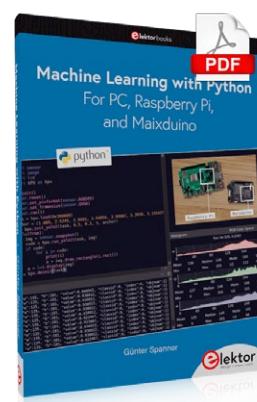
### Questions ou commentaires ?

Envoyez un courriel à l'auteur (brian.williams@elektor.com).



### Produit

➤ **Dr. Günter Spanner, Machine Dr. Günter Spanner, Machine Learning with Python for PC, Raspberry Pi, and Maixduino (E-book), Elektor 2022**  
[www.elektor.com/20150](http://www.elektor.com/20150)



### LIENS

- [1] Tours de Hanoï - Wikipédia : [https://fr.wikipedia.org/wiki/Tours\\_de\\_Hano%C3%A9](https://fr.wikipedia.org/wiki/Tours_de_Hano%C3%A9)
- [2] Tour de Hanoï — Maths Is Fun: <https://mathsisfun.com/games/towerofhanoi.html>
- [3] Discussion avec ChatGPT sur ce projet : <https://tinyurl.com/chatgpthanoi>
- [4] Midjourney - Outil de génération d'images par IA : <https://midjourney.com>