



HAL
open science

La Course 12–4–90

Xavier Hinaut

► **To cite this version:**

Xavier Hinaut. La Course 12–4–90. Drôles d’objets 2021 - Un nouvel art de faire, Oct 2021, La Rochelle, France. hal-03533199

HAL Id: hal-03533199

<https://inria.hal.science/hal-03533199v1>

Submitted on 18 Jan 2022

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L’archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d’enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

La Course 12--4--90

Xavier Hinaut^{1,2,3,4}

1. Inria, Bordeaux. 2. LaBRI, UMR 5800, Université de Bordeaux. 3. Institut des Maladies Neurodégénératives, CNRS UMR 5293. 4. MindLaBDX, Bordeaux.

Mots-clés

Ligne ; robot ; code ; performance.

Résumé

Au commencement était la ligne, théorique et infinie, comme le temps. Cette ligne peut être vue comme une frise temporelle ou spatio-temporelle, comme une bande permettant à une « tête de lecture » de calculer ce qui est calculable. Elle peut être tracée physiquement au fur et à mesure afin de remplir l'espace de motifs improvisés ou calculés. Les performances proposées ici trouvent leurs origines à la fois dans les sciences et les arts afin de tisser des liens, des lignes de contact, entre les perceptions scientifiques et artistiques, trop souvent perçues comme disjointes. Nous verrons notamment comment lier le travail de Alan Turing à celui de Keith Haring, deux icônes scientifiques et artistiques majeures du XX^{ème} siècle, lors d'interactions entre un petit robot Ozobot et un humain qui dessinent des trajectoires et « code-instructions » pour ce robot.

1. Introduction

En 1890, Guiseppe Peano (Peano, 1890) proposait une façon de construire des courbes continues permettant théoriquement de remplir la totalité d'une surface. Cet étrange objet mathématique permet ainsi de remplir un espace en deux dimensions, comme une feuille de papier, en n'utilisant que des formes unidimensionnelles, comme la ligne d'un trait de crayon. Keith Haring a produit de nombreuses œuvres et performances en traçant des lignes sur différents supports (Montez, 2020), comme si tout l'espace devait être rempli à la manière d'une courbe de Peano.

Tracer une ligne demande du temps, et cette ligne représente donc également ce temps qu'il a fallu pour la tracer, ou le temps qu'il faudra à un robot Ozobot pour la suivre. Dans une performance proposée ici, l'humain devra justement maximiser ce temps en trouvant le moyen de tracer la ligne la plus longue possible afin d'échapper au robot. Ces lignes tracées pour le robot peuvent également contenir une succession d'instructions sous forme de motifs visuels, qui lui permettent par exemple de changer de direction ou de s'arrêter. Si l'on imagine que cette ligne est un ruban parcouru d'une série d'instructions où une tête de lecture se déplace, le robot Ozobot devient une analogie simplifiée de la Machine de Turing (Turing, 1937). Cet objet théorique qu'est la Machine de Turing est à l'origine des ordinateurs et donc des technologies actuelles.

Ces progrès technologiques ont ce côté ambivalent pouvant permettre un progrès sociétal et en même temps être une source d'asservissement (e.g. « l'ubérisation »). Cet

asservissement est d'ailleurs à l'origine du mot robot (*robota* qui vient du Tchèque, « travail forcé »).

La numérisation et la robotisation de notre société nous sont souvent présentées comme un progrès évident (e.g. les voitures autonomes). Mais elles donnent également l'impression d'une marche forcée où l'humain n'aurait pas d'autre choix que de se lancer dans la course afin de ne pas se faire rattraper par ces technologies. En même temps, ces technologies peuvent nous permettre d'ouvrir de nouveaux espaces de créativité inaccessibles auparavant.

C'est cette ambivalence que nous voulons montrer dans les deux courses proposées dans ces performances, d'une part la course AT (Alan Turing) où l'humain doit échapper au robot, et d'autre part la course KH (Keith Haring) où l'humain exploite le robot pour sa propre créativité.

Cette créativité vient en s'échappant du robot par le travail de la ligne, en manipulant l'espace à la manière de Keith Haring ou de Giuseppe Peano.

2. Méthodes

2.1. Le robot Ozobot

Les robots Ozobot (Ozobot, 2020) sont de petits robots conçus pour le grand public et l'éducation (Romero et al. 2018, Fojtik 2017). Ils sont de la largeur d'un pouce et sont dotés de capteurs et programmes permettant de suivre des lignes noires imprimées ou tracées au feutre. Leur particularité est qu'ils peuvent lire des « code-instructions » qui sont incluses sur ces lignes qu'ils suivent, comme pourrait le faire la tête de lecture d'une Machine de Turing (Turing, 1937). Ces robots sont également utilisés pour d'autres domaines de recherche scientifique que l'éducation, par exemple pour tester en pratique des algorithmes théoriques de recherche de chemin impliquant plusieurs agents appelés algorithmes de *Multi-Agent Path Finding (MAPF)* (Barták 2018) : leur objectif est de trouver des chemins de déplacement pour un nombre fixe d'agents tout en évitant les collisions.



Figure 1 : Humain traçant une ligne devant le robot Ozobot pour lui offrir un nouveau chemin.

Sur la Figure 1, on peut voir un exemple de robot Ozobot suivant des lignes noires tracées par un humain ; l'image permet de se rendre compte de la petite taille des robots. Sur la Figure 2, on peut voir des exemples de code-instructions que le robot Ozobot pourra lire en suivant les ligne et interpréter comme autant de commandes à exécuter.

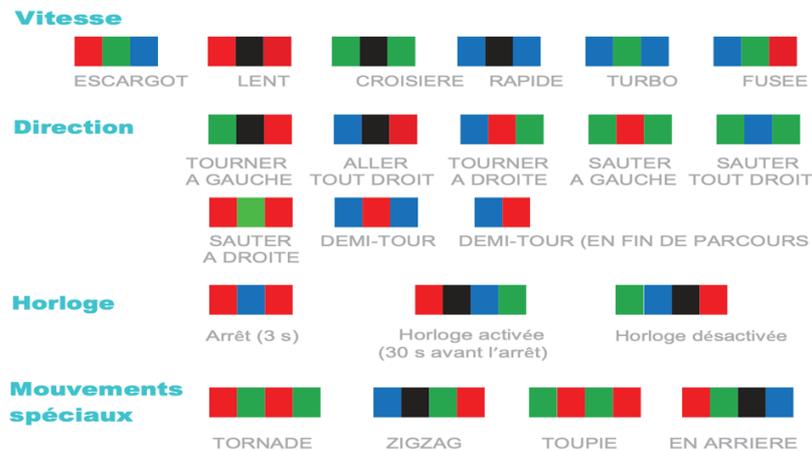


Figure 2 : Exemples de code d'instructions Ozobot. Image de (Ozobot, 2020).

3. Expérimentations

Nous appelons « humain » la personne, ou sujet, qui va interagir avec le robot, comme si elle était sujet d'une expérience scientifique.

3.1. La course AT

Dans la course AT (Alan Turing), une unique ligne va être dessinée par l'humain en référence à la machine de Turing. Cette machine imaginaire et théorique se compose d'une tête de lecture (et d'écriture) qui se déplace sur un ruban infini (voir Figure 3) : elle est guidée, comme le robot Ozobot, par les instructions qui sont écrites sur chaque case de ce ruban. A la différence du robot, la machine de Turing peut également écrire ou effacer des instructions sur ces cases. La machine de Turing peut réaliser n'importe quel programme qui peut être exécuté par un ordinateur. Elle a même des capacités encore plus générales : elle est la base théorique de ce qu'un ordinateur peut calculer. Lorsque la machine de Turing exécute un programme cela correspond à réaliser l'ensemble des instructions lues ou écrites par la tête de lecture.

Une question soulevée par l'exécution d'un programme par la machine de Turing est de savoir si la tête de lecture va finir par s'arrêter, indiquant que l'exécution du programme est terminée), ou au contraire lire et écrire pendant un temps infini sur ce ruban sans jamais s'arrêter. Ce problème est également connu des mathématiciens, et l'on doit à Kurt Gödel et ses théorèmes d'incomplétude les premiers jalons théoriques permettant de séparer ce qui est calculable de ce qui ne l'est pas.

Cette course illustre dans une certaine mesure ces notions d'infini et de calculabilité. Les déplacements du robot sur la ligne unique que dessine l'humain (comme la bande unique de la machine de Turing) sont potentiellement sans fin : le problème que résoudrait le programme serait alors non calculable. Bien sûr, ni le robot ni l'humain ne peuvent se permettre une course infinie en pratique, car ils sont soumis à la fatigue et au besoin de recharger leurs batteries. On peut donc considérer qu'il y aura forcément un « perdant » : soit l'humain se fait rattraper par le robot, soit le robot a un problème technique ou vient à manquer de batterie.

Cette illustration de la machine de Turing peut être étendue jusqu'à la simulation de « bogues » (*bug* en anglais) dans les instructions. En effet, si l'humain fait des lignes trop fines, discontinues ou avec des angles trop importants, le robot ne pourra suivre la ligne et va s'arrêter. Cela correspond à une « faute » de la part de l'humain ou à de « l'anti-jeu » : la course s'arrête et l'humain a perdu.

Lors de cette course l'humain explore les codes instructions de façon forcée. Il n'a pas vraiment le temps, il explore de façon aléatoire. Dans la sous-section suivante, nous verrons qu'avec l'expérience, à force de répéter ces courses AT, l'humain développe une certaine méthode pour mieux échapper au robot.

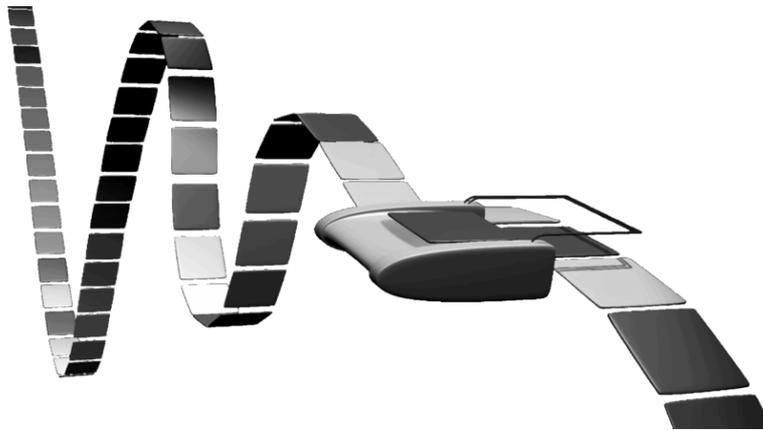


Figure 3 : Vue d'artiste d'une Machine de Turing. Source image : <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Maquina.png>

3.2. Transition de la course AT à la course KH

Au début de l'interaction entre l'humain et le robot, l'humain tente d'échapper à la machine par des trajectoires erratiques, sans volonté esthétique. Au fil des interactions, l'humain finit cependant par développer des motifs qui lui permettent de gagner du temps, et d'échapper plus facilement au robot. Il s'agit ici d'aller à contre-courant de l'idée de développement de robots « intelligents » : les échecs successifs profitent à l'humain uniquement, en jouant sur ses mécanismes d'apprentissage. Le robot n'apprend rien. Au bout d'un certain temps, ces courbes tendent naturellement à développer une certaine esthétique.

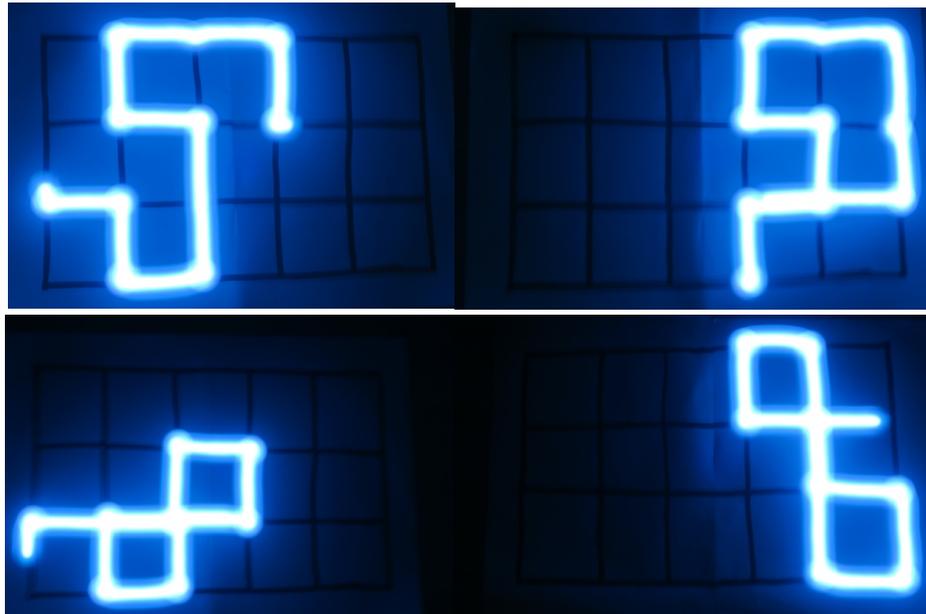


Figure 4 : Trajectoires « browniennes » du robot Ozobot obtenues par longue exposition dans le noir. Le circuit est composé d'une grille d'intersection sans code-instructions de couleurs : à chaque intersection le robot choisi aléatoirement un chemin, cela illustre un mouvement aléatoire ou « brownien ». Les trajectoires ont été obtenues avec des temps de pause de 30 secondes.

Il est possible de comparer l'esthétisme de l'évolution de ces trajectoires de moins en moins erratiques à l'esthétisme de courbes issues d'un mouvement brownien. Ces trajectoires peuvent être capturées par la traînée de lumière laissée par le robot lors d'une longue exposition dans le noir avec un appareil photo, comme illustré sur les Figures 4 et 5. La Figure 4 montre des images de trajectoires « browniennes », qui correspondent aux mouvements aléatoires du robot à chaque intersection alors qu'aucun code-instruction n'est donné. Ces trajectoires aléatoires peuvent servir de « référence esthétique » afin de les comparer à des trajectoires créées par l'humain comme sur la Figure 5. Cette dernière illustre une étape où l'humain arrive à échapper au robot : l'humain est incité à développer des motifs de plus en plus complexes et potentiellement de plus en plus raffinés et intentionnels dans leur esthétique.



Figure 5 : Trajectoire correspondant à une étape intermédiaire de la course AT, où l'humain commence à faire des courbes, qui tendent naturellement à développer une certaine esthétique, pour échapper au robot tout en remplissant assez bien l'espace.

Ces images de trajectoires obtenues avec une longue durée d'exposition pourront être exposées lors de la performance afin que le spectateur puisse accéder simultanément à des dimensions cachées de l'œuvre. Ces visualisations seront utiles pour l'esthétisme et pour le côté ludique et explicatif pour le public, notamment pour expliquer l'influence des conditions initiales sur les trajectoires. Si d'une autre position le robot commence à lire une instruction dans un sens ou dans l'autre alors cela n'aura en général pas le même effet, car les codes correspondent à des instructions différentes lorsqu'on prend leur symétrie. De même, si le robot commence à lire telle instruction avant telle autre cela n'aura pas le même effet sur la trajectoire globale. Cela pourrait être une façon d'initier les spectateurs à la théorie du chaos (Gleick, 1991). Ces visualisations permettront de voir aussi l'influence des instructions d'accélération et de décélération, mais cela est assez dur à obtenir car en faible luminosité le robot perçoit moins bien les couleurs. Ces visualisations pourront être exposés même en dehors des temps de la performance afin de laisser une trace visible aux visiteurs de la performance.

L'humain va également découvrir qu'une façon rapide de faire des tracés où le robot ne risque pas de se retrouver bloqué et de perdre est de faire des tracés rectilignes par morceaux. Il pourra également découvrir des formes comme celles de Giuseppe Peano (Peano 1890), qui permettent de bien remplir l'espace et tendent naturellement à développer une autre esthétique que précédemment. Un tel dessin est illustré Figure 6.

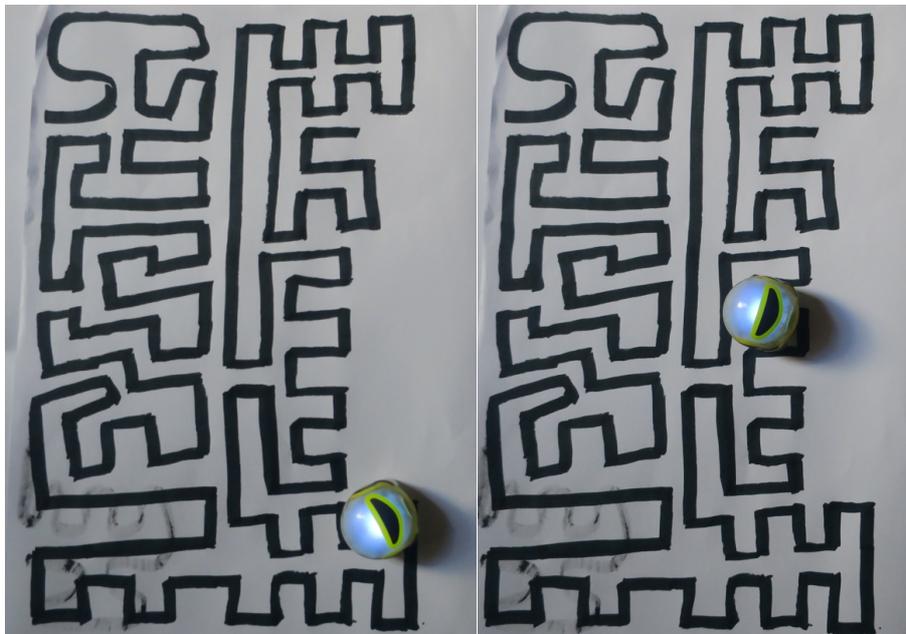


Figure 6 : Robot Ozobot se déplaçant sur un dessin exploitant des tracés rectilignes plus fiables et des formes inspirées des courbes de Peano.

A la fin de cette transition entre la course AT et la course KH, l'humain a trouvé des motifs de courbes et des code-instructions qui font ralentir le robot, comme ceux qui font faire une danse au robot.

3.3. La course KH

La course KH (Keith Haring) apparaît dans le prolongement de la course AT. En effet, lorsque l'humain développe des motifs suffisamment complexes pour tenir le robot à distance, ou a minima sous un certain contrôle, il pourra constater l'émergence d'une esthétique dans sa propre création. Peut-être même aura-t-il pris l'initiative de rechercher cette esthétique en parallèle de la tenue de la course. Cette esthétique de la ligne courante, continue, est à rapprocher de celle développée par Keith Haring dans son œuvre.

Comme s'il s'inscrivait dans la continuité d'Alan Turing, dès l'âge de 20 ans Keith Haring se questionnait sur le moment où arrêter de dessiner ses lignes, s'il existait. Dans un carnet de croquis de 1978 il note « Pourquoi ne l'as-tu pas fini ? » au-dessus d'un dessin, avec la réponse suivante en dessous « Le dessin est 'achevé' dès l'instant où tu commences avec le premier trait. Il y a des endroits où tu peux 'arrêter' le dessin et le déclarer 'terminé' jusqu'à ce que le temps et l'espace soient eux-mêmes 'terminés'. Il y a toujours un nombre infini de choses que tu peux ajouter à la composition, le problème est de savoir quand s'arrêter. La beauté, c'est savoir quand s'arrêter. Je choisis quand m'arrêter. Je choisis quand m'arrêter, mais mon travail n'est à la fois jamais et toujours 'terminé' ... » (Haring, 2011, Buchhart 2013).

Durant ses performances Keith Haring faisait des dessins en remplissant peu à peu l'espace en partant d'un coin et en faisant des lignes qui deviennent des « objets », des symboles, qui emplissent toute la surface à remplir (voir Figures 7 et 8). Ces objets peuvent rester en contact ou ne pas se toucher ; dans nos expériences ces lignes doivent bien sûr rester continues. Si une discontinuité apparaît cela correspond à une volonté de ne plus être en interaction avec le robot. A moins que ne soit utilisée une instruction qui indique au robot de s'échapper de la ligne : à ce moment-là l'interaction n'est pas coupée, et elle est au contraire voulue et permet de donner au robot de s'affranchir de la ligne. Cette dernière option peut donner lieu à une nouvelle qualité d'interaction. Ce type d'interaction moins contrôlée ne sera que peu abordée étant donné qu'elle questionne la fiabilité et la reproductibilité de l'interaction, ce qui n'est pas le propos ici.

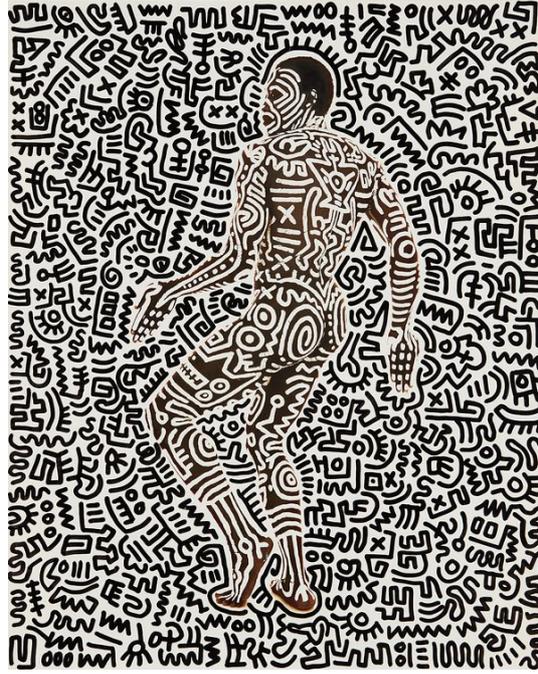


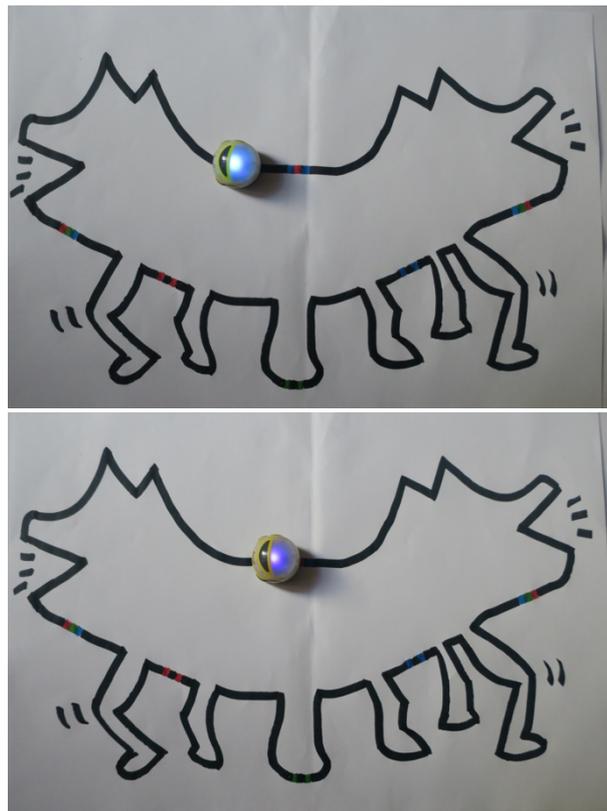
Figure 7 : Peinture de Keith Haring où la composition interagit avec le corps humain. Les lignes remplissent tout l'espace de la toile « rythmé » et « dense », avec un aspect « décoratif ». Keith Haring, Untitled (Bill T. Jones), 1984. Source image : <https://www.phillips.com/article/8188152/keith-haring-body-as-canvas>



Figure 8 : Performance de Keith Haring peignant une toile en se plaçant lui-même dans un coin de l'œuvre. Source image : <https://www.pinterest.fr/pin/165225880059229665/>

Grâce à ces premières courses qu'il a réalisées, l'humain a acquis de l'expérience et il peut à présent explorer non pas de façon erratique comme au début, mais de façon créative : l'humain va se servir de cette interaction avec le robot pour créer des formes en cherchant l'esthétisme. Il va par exemple créer des dessins qui ressemblent à ceux de Keith Haring. Ces formes ont l'avantage d'être à la fois « rythmés » et de remplir l'espace pour créer les trajectoires les plus longues possibles et ainsi faire durer l'interaction longtemps.

L'humain explore les codes d'instructions qui deviennent pour la performance des codes d'interaction. L'humain utilise certaines formes symétriques qu'a pu faire Keith Haring comme le dessin en forme de « double chien » : l'humain met les mêmes codes d'un côté et de l'autre de l'axe de symétrie du chien. Cela permet de montrer au spectateur la différence entre l'accélération et le ralentissement. Au centre de cette symétrie l'instruction de demi-tour a alors parfaitement sa place, car elle est symétrique par sa forme et correspond donc à la même instruction lue dans les deux sens. La Figure 9 présente la forme du « chien à double tête » qui est exploitée de façon créative avec les code-instructions.



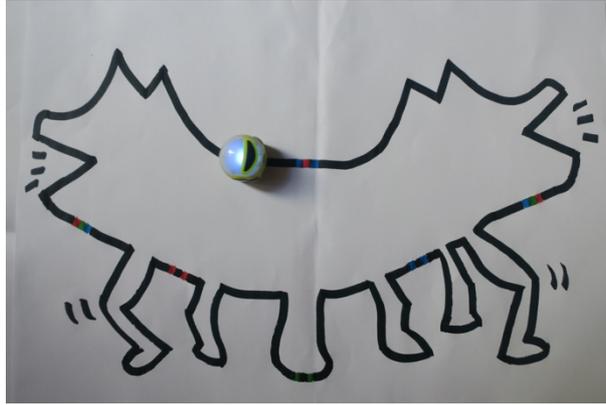


Figure 9 : Dessins de « chien à double tête » inspirée de Keith Haring avec six code-instructions. (haut) Robot Ozobot se dirigeant vers l'instruction « demi-tour », (milieu) la lisant, (bas) puis faisant demi-tour. Ce dessin exploite la symétrie centrale du chien et celle des code-instructions en même temps. Certains code-instructions exploités ici sont ceux de changement de vitesse car le code symétrique « d'escargot » produit l'instruction inverse de « fusée ». Ainsi pour un code faisant ralentir, son symétrique fera accélérer. Le code « demi-tour » est le symétrique de lui-même, c'est un palindrome, c'est pour cette raison qu'il complète la figure et les interactions : il permet d'illustrer doublement les symétries, car tous les codes seront lus dans les deux sens. Les codes « lent », « croisière » et « rapide » sont également des palindromes.

4. Discussion

Sans connaissances préalables l'humain débute par une marche forcée, une marche pour échapper au robot. Il explore aléatoirement, sans intention esthétique, l'espace qui lui est donné. Puis, peu à peu il apprend, sans forcément s'en apercevoir il développe une méthode pour mieux remplir l'espace, et ainsi mieux retarder le robot. Il apprend les code-instructions qui lui sont le plus utile. Puis, il va exploiter ce nouvel « outil » pour faire des dessins plus créatifs, et ne plus considérer le robot comme une contrainte mais comme un partenaire permettant de s'exprimer dans l'interaction avec une dimension artistique.

L'évolution des dessins et interactions au cours des courses ne fait pas seulement apparaître des intentions esthétiques. En interagissant avec le robot, l'humain va dessiner des trajectoires qu'il n'aurait pas nécessairement fait spontanément. Le robot permet donc à l'humain de penser hors des sentiers battus : la créativité est souvent augmentée sous contraintes, comme ce fut le cas pour Keith Haring où son style a émergé en partie avec les contraintes de ses supports. Au final, même si tortueuse, cette interaction est bénéfique à l'humain, le robot lui n'en tire rien « techniquement » ; on pourrait dire que le robot en tire parti « socialement » : « d'opresseur » il est passé à compagnon de route. En prenant du recul, l'humain va se rendre compte de la force créative de sa propre proposition. Ces créations viennent de la synergie entre l'humain et le robot. La dimension symbolique de la performance est donc double. D'abord, c'est la course effrénée qui pèse sur l'humain, qui ne peut rien faire que subir la technologie. Puis, l'humain apprend à apprivoiser cette technologie et à l'exploiter pour sa propre créativité.

Ces courses permettent de relier symboliquement les quatre années qui séparent la mort d'une icône scientifique (Alan Turing) en 1954 de la naissance d'une icône artistique (Keith Haring) en 1958 tous les deux épris de lignes et rattrapés par le/leur temps.

5. Remerciements

Je tiens à remercier vivement Nathan Trouvain, Émilie Ribault et Nathalie Man. Nathan Trouvain pour ses idées, ses conseils, ainsi que ses nombreux et riches commentaires sur l'écriture de cet article, notamment sur l'expérience esthétique et la dimension symbolique. Émilie Ribault pour ses conseils et idées sur les photographies et la dimension symbolique. Nathalie Man pour ses conseils artistiques au début du projet.

6. Bibliographie

- Barták, R., Švancara, J., Škopková, V., & Nohejl, D. (2018, November). Multi-agent path finding on real robots: First experience with ozobots. In Ibero-American Conference on Artificial Intelligence (pp. 290-301). Springer, Cham.
- Gleick, J. (1991) La théorie du chaos: vers une nouvelle science. Flammarion.
- Haring, K. (2011) Cat. exp., New York, Gladstone Gallery.
- Buchhart, D. (2013) Keith Haring, The Political Line. Cat Exp. Actes Sud. Paris-Musées, les musées de la ville de Paris. ISBN : 9782759602162
- Romero, M., Noirpoudre, S., & Viéville, T. (2018). Que disent les sciences de l'éducation à propos de l'apprentissage du code? Revue de l'EPI (Enseignement Public et Informatique).
- Fojtik, R. (2017). The Ozobot and education of programming. New Trends and Issues Proceedings on Humanities and Social Sciences, 4(5).
- Montez, R. (2020). Keith Haring's Line: Race and the Performance of Desire. Duke University Press.
- Ozobot: Robots to code, create, and connect with. (Accédé en novembre 2020) URL: <https://ozobot.com>
- Peano, G. (1890). Sur une courbe, qui remplit toute une aire plane. Mathematische Annalen, 36(1), 157-160.
- Turing, A. M. (1937). On computable numbers, with an application to the Entscheidungsproblem. Proceedings of the London mathematical society, 2(1), 230-265.

7. Annexes

Cette section comprend des photos de la première performance publique, en interaction avec le public. Elle a eu lieu lors de la [conférence « Drôles d'objets »](#), à La Rochelle, le 28 octobre 2021 à la bibliothèque universitaire. Les participants devaient rentrer dans le « cadre » proposé et je leur donnais des instructions minimalistes sur ce qu'ils devaient faire, afin de les influencer le moins possible et de les laisser découvrir par eux-mêmes. S'ils ne posaient pas de questions, ils avaient seulement l'instruction minimale « Il faut que tu échappes au robot en traçant une ligne. ». Au fur et à mesure que les différents participants généraient leurs œuvres, elles étaient intégrées dans le « cadre » : cela avait pour effet de pouvoir mécaniquement élargir ce cadre afin d'accueillir plus de participants à la fois.



Premier participant (intervenant à la conférence).



Premières participantes ne faisant pas partie de la conférence (étudiantes de la bibliothèque universitaire).



Le « cadre » s'étant élargi, plusieurs ont pu intégrer la performance en simultanément.



Vue aérienne d'un groupe de participants.



(à droite) Participant qui a exploré durant un certain temps, lui permettant de redécouvrir des concepts décrits dans l'article. (à gauche) Résidu d'un bout de performance réalisée par l'auteur sur l'article fondateur de Turing, faisant parcourir le robot sur plusieurs pages.



Des familles avec leurs enfants participants à la fin de l'expérience. Les enfants ont hésité à participer au départ, ne voyant que des adultes dans la performance.