

Algorithmique et programmation	Mathématiques
Seconde ICN Première ICN-SI Terminal ISN-Si	Morpion

## Créer une intelligence artificielle basée sur le codage

### SOMMAIRE

#### Table des matières

I.	Présentation synthétique du projet .....	2
II.	Modalités de mise en œuvre pédagogique du projet.....	3
1.	Le projet tel qu'il a été expliqué aux élèves .....	3
2.	Contextes et objectifs .....	3
3.	Analyse a priori : Mise en œuvre des séances, mise en valeur de la continuité des apprentissages en algorithmique et en programmation et progression envisagée. ....	4
	Une pédagogie de projet .....	4
	Exemple de mise en œuvre .....	4
	Analyse a priori.....	5
4.	Analyse a posteriori : Production(s) finale(s) au regard des compétences disciplinaires et transversales travaillées .....	6
	Scratch (en seconde) .....	6
	Python (en seconde).....	7
	Python (en première et terminale).....	8
5.	Évaluation, critères de réussite, modalités d'évaluation individuelle/collective .....	9
6.	Productions d'élèves .....	10
7.	Ressources mobilisées (partenariats, bibliographie, sitographie...) .....	10
III.	Apport des outils numériques .....	10
1.	Les principaux apports.....	10
2.	Témoignages d'élèves : .....	11

## I. Présentation synthétique du projet

Description rapide du projet	<p><b>L'Intelligence Artificielle (IA)</b> est la science dont le but est de faire faire par une machine des tâches que l'homme accomplit en utilisant son intelligence.</p> <p>« Les techniques d'apprentissage automatique (machine learning) marquent une rupture avec l'algorithme classique. Notamment en ce qu'elles marquent le passage progressif d'une logique de programmation à une logique d'apprentissage. » (rapport de Cédric Villani)</p> <p>Ici l'objectif est de créer une IA jouant au morpion basée sur une logique algorithmique.</p> <p>Comme pour Stanislas Dehaene qui dès son plus jeune âge « rêvai[t] de créer une intelligence artificielle » (cité par <a href="http://www.sciencesetavenir.fr">www.sciencesetavenir.fr</a>), l'idée de créer une IA, même modeste, est particulièrement motivante pour les élèves.</p> <p><a href="#">Lien vers une vidéo présentation du projet de création de l'IA</a></p> <p><a href="#">Lien vers une vidéo montrant les élèves en activité</a></p>
Niveau(x) concerné(s)	Seconde, Première et terminale. ICN et ISN.
Temporalité (durée, fréquence, positionnement dans l'année...)	Sous forme de projet sur l'année.
Logiciels/Matériels utilisés	Ordinateurs. Scratch et Python
Prérequis	Aucun
Objectifs généraux	<p>Qu'est-ce qu'une IA ? Afin de démystifier cette notion, les élèves vont devoir élaborer leur propre IA.</p> <p>Ils vont ainsi développer des compétences en algorithmique et en programmation.</p>
Connaissances et compétences travaillées	<p><b>Compétences disciplinaires ICN/ISN :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Comprendre</b> un algorithme et <b>expliquer</b> ce qu'il fait.</li> <li>- <b>Modifier</b> un algorithme existant pour obtenir un résultat différent.</li> <li>- <b>Concevoir</b> un algorithme. Concevoir et réaliser une solution informatique en réponse à un problème.</li> <li>- <b>Programmer</b> un algorithme.</li> <li>- <b>S'interroger</b> sur l'efficacité d'un algorithme.</li> <li>- <b>Collaborer</b> efficacement au sein d'une équipe dans le cadre d'un projet.</li> </ul> <p><b>Connaissances mathématiques travaillées.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Affectation d'une variable</b></li> <li>- <b>Séquence d'instructions</b></li> <li>- <b>Instruction conditionnelle</b></li> <li>- <b>Boucle bornée et non bornée</b></li> <li>- <b>Fonctions</b></li> <li>- <b>Statistiques</b></li> </ul> <p>« Les mathématiques sont largement présentes dans l'enseignement de la discipline informatique [...] La discipline informatique permet [...] de développer une démarche complète de modélisation : on part d'un problème, on le modélise, on propose un algorithme, on le programme, on l'exécute et on analyse les résultats ; on part du concret, on passe par l'abstraction et on retourne au concret » (21 mesures pour l'enseignement des mathématiques, Rapport de Cédric Villani et Charles Torossian)</p>
Contexte interdisciplinaire	<p>En SI, on réalise des objets techniques dont la conception porte sur de nombreux champs.</p> <p>La programmation pure est plus en lien avec les options ICN/ISN. La collaboration entre SI et ICN/ISN peut être fructueuse....</p> <p>Enfin, la notion de projet tient une place centrale dans l'ensemble de ces disciplines.</p>

## II. Modalités de mise en œuvre pédagogique du projet

### 1. Le projet tel qu'il a été expliqué aux élèves

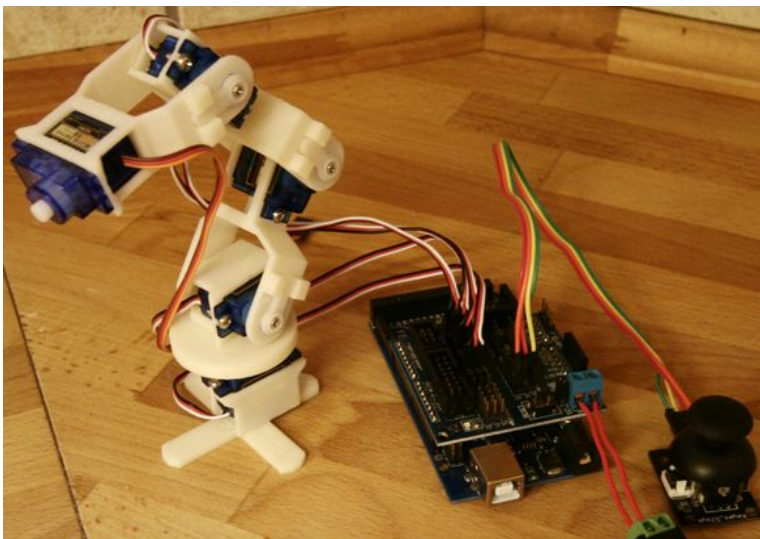
En ICN et ISN, le projet est présenté sous la forme d'un défi :

#### Morpion



Créer un jeu qui permet de jouer contre l'ordinateur.

En SI : La problématique de création d'un robot est posée



**Comment réaliser un bras robotisé capable de divertir un enfant en jouant à un jeu de réflexion comme le morpion ?**

### 2. Contextes et objectifs

Il s'agit d'un travail sur l'intelligence artificielle : qu'est-ce qu'une intelligence artificielle?

Créer une IA va permettre d'éviter les fantasmes sur la notion d'IA....

L'objectif final est de réaliser des combats d'IA.

- En seconde ICN, il s'agit de mettre en concurrence les langages python et scratch. Plusieurs groupes vont réaliser leurs projets certains sous Scratch et d'autres avec Python. On va comparer Python et Scratch lors de la réalisation du jeu de morpion. Il s'agit de tester les réactions des élèves de seconde selon l'environnement.

- En première SI/ICN et en terminale SI/ISN, il s'agit de réaliser une machine avec laquelle on va jouer. Les groupes travaillent aussi sur le robot avec les enseignants de SI.

Les élèves devront faire des exposés sur l'intelligence artificielle lors d'un mini colloque, produire des documents décrivant les diverses approches et les résultats statistiques des parties entre IA.

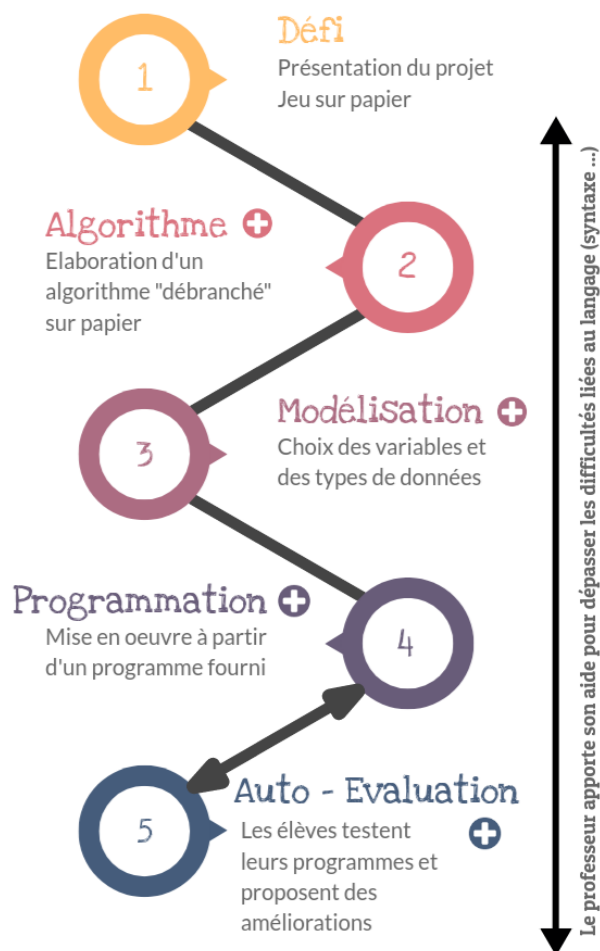
### 3. Analyse a priori : Mise en œuvre des séances, mise en valeur de la continuité des apprentissages en algorithmique et en programmation et progression envisagée.

#### Une pédagogie de projet

<https://view.genial.ly/5b0083a9fbb0644ab238f44d/projet-morpion>

## Mis en oeuvre **Projet Morpion**

Groupes de 2 ou 3 élèves



#### Exemple de mise en œuvre

- Lors de la **première séance**, le professeur expose le problème et propose aux élèves de jouer au jeu du morpion sur papier par groupes de deux ou 3 élèves : un élève est observateur des stratégies développées par les 2 autres qui jouent ensemble, puis on échange les rôles.

La mise en place d'un « carnet de bord » et l'explication de la pédagogie de projet permet de préparer les présentations qui serviront à l'évaluation.

Les élèves doivent produire un algorithme expliquant le choix d'une case à jouer : l'attendu n'est pas une rédaction « parfaite » ou formelle, mais plutôt une description en français ou en pseudo-code des stratégies mises en œuvre.

En deuxième partie de séance, les élèves peuvent commencer à **mettre en œuvre le programme sur Scratch** et se rendre compte que l'outil n'est pas adapté.

- Lors d'une **deuxième séance**, le professeur propose de changer de langage de programmation et d'utiliser python. Se pose alors la question de la modélisation de la grille de jeu.

Après une analyse en groupe et une mise en commun, il est proposé aux élèves un programme de base, structuré en fonctions, et dont la fonction *ia* renvoie un couple d'entiers correspondant aux coordonnées (ligne, colonne) de la case jouée par l'ordinateur.

Un premier exercice sera de modifier cette fonction pour faire jouer l'ordinateur au hasard sur une case vide.

- Les **séances suivantes** (2 ou 3) vont permettre de modifier la fonction afin de mettre en œuvre les algorithmes de la première séance puis d'exploiter les programmes et d'évaluer leur efficacité.

Le projet permet d'introduire la notion de fonction en python et d'en souligner les similitudes et les différences avec la notion de fonction en mathématiques.

### Analyse a priori

- Le **contexte interdisciplinaire** SI-ICN ou SI-ISN est très stimulant, et la notion de projet tient une place centrale dans l'ensemble de ces disciplines. Il faut coordonner le projet avec des contraintes techniques importantes avec une approche nouvelle pour le professeur de mathématiques.

- La pédagogie sous forme de projet s'impose, car la programmation prend du temps.

La contrainte temporelle est un élément important : il s'agit d'être raisonnable concernant les attentes, tout en restant attentif aux demandes des élèves les plus motivés et qui peuvent y consacrer du temps en dehors de la classe.

- Le passage de Scratch à Python est ici naturel : Python offre une liberté d'écriture plus importante, et surtout permet l'utilisation des fonctions qui n'existent pas sur Scratch.

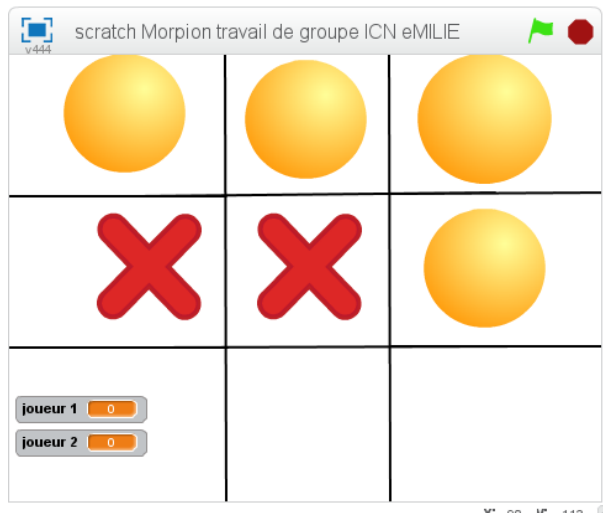
C'est l'occasion **de montrer que Python offre de nombreuses possibilités** et de préciser que c'est un langage de programmation réellement utilisé dans l'industrie informatique.

- L'élaboration de l'algorithme est directement issue de l'expérience des élèves. C'est en analysant leur façon de jouer (en groupe de deux ou trois) qu'ils parviennent à décrire leur stratégie puis à la traduire en algorithme et en programme.

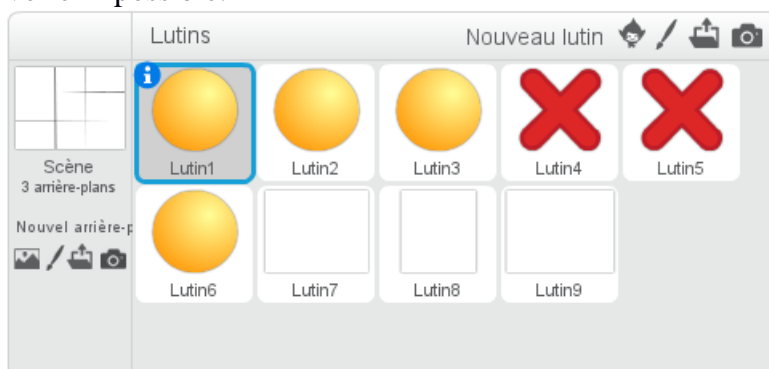
Pour cette dernière étape, il convient de leur apporter l'aide nécessaire afin que l'aspect technique du langage Python ne soit pas un frein mais plutôt un avantage.

#### 4. Analyse a posteriori : Production(s) finale(s) au regard des compétences disciplinaires et transversales travaillées

##### Scratch (en seconde)



Sous Scratch, les élèves ne sont pas aidés. Ils arrivent difficilement à créer des interfaces graphiques et buttent sur les tests de fin de partie. On peut apprécier l'utilisation des implications exprimées par l'instruction conditionnelle « Si Alors ». **Sans les fonctions**, l'écriture de L'IA devient très difficile voire impossible.



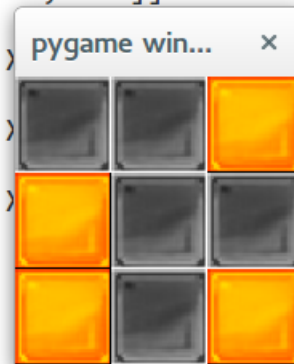
Le code est souvent difficile à maintenir sans l'usage de clones. (Chaque modification doit être réalisée sur tous les lutins).



## Python (en seconde)

L'interface graphique (sous pygame) est donnée. Elle comprend seulement la gestion de la souris et de l'affichage.

```
[[ 'X', ' ', '0'], ['0', 'X', 'X'], ['0', ' ', ' ']]
test de la partie
[['X', ' ', '0'], ['0', 'X', 'X'], ['0', ' ', ' ']]
test de la partie
[['X', ' ', '0'], ['0', 'X', 'X'], ['0', ' ', ' ']]
test de la partie
[['X', 'X', '0'], ['0', 'X', 'X'], ['0', ' ', ' ']]
test de la partie
0 gagne
Fin de Partie, cliquer sur la croix
```



La première difficulté en Python consiste à modéliser une partie par exemple dans un tableau à une ou deux dimensions et à expliciter une fin de partie.

```

4 while (nbDeCoup<9) and play:
5
6     player(joueur)
7     nbDeCoup=nbDeCoup+1
8
9     if joueur=="X":
10         joueur="O"
11     else:
12         joueur="X"
13 affiche_plateau()
14 print(" ")
15 print(plateau[0])
16 print(plateau[1])
17 print(plateau[2])
18 if plateau[0][0]==plateau[0][1]==plateau[0][2]:
19     play=False
20     print(" ")
21     if plateau[1][0]==plateau[1][1]==plateau[1][2]:

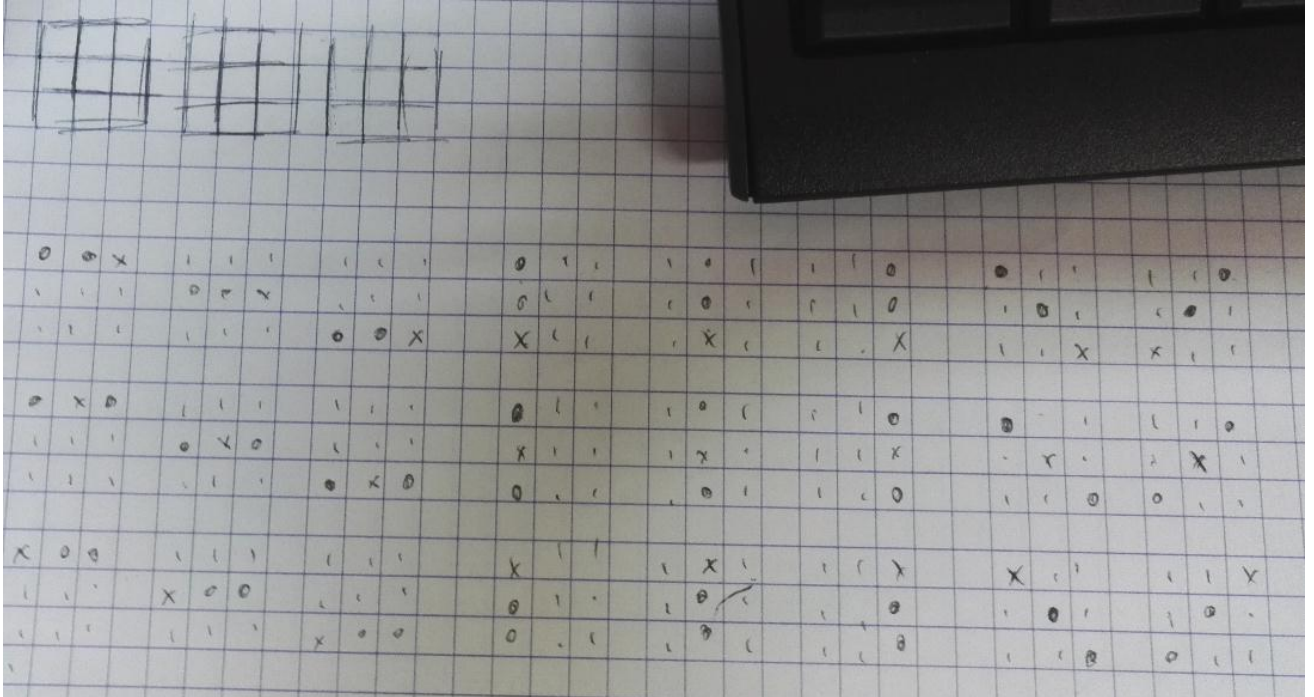
```

Il faut conseiller aux élèves de faire des sorties pour pouvoir réaliser un code satisfaisant et aider à la mise au point.

Les connaissances développées sont nombreuses :

- boucles,
- conjonction,
- variable booléenne...

## Tentative de modélisation pour l'IA sur papier



## Tentative de modélisation pour l'IA

```
74
75 def ia(joueur):
76     numLigne=randint(0,2)
77     numColonne=randint(0,2)
78     if plateau[numLigne][numColonne]==' ':
79         plateau[numLigne][numColonne] = joueur
80         test=False
81
```

Les premières IA jouent au hasard.

## Python (en première et terminale)

### En mode console – IA contre joueur humain.

```
C'est le tour du joueur 1
-0-1-2-
-----
0|X|X| |
-----
1|0|0| |
-----
2| |X| |
-----
C'est le tour du joueur 2
Entrez le numero de la colonne : █
```

### En mode console – IA contre elle-même.

Le problème posé est d'évaluer la performance de l'IA.

Des élèves proposent de la faire jouer contre elle-même. Évidemment, une seule fois, ce n'est pas intéressant.

### En mode console – IA contre elle-même, 1000 fois.

Pour évaluer la performance de l'IA, des élèves proposent de la faire jouer contre elle-même, 100 parties. Ils conjecturent qu'une IA parfaite devrait mener à 100 % de parties nulles.

Un programme donne environ 50 % de parties nulles, ce qui montre une stratégie non optimale.



Le groupe concerné découvre une erreur dans son programme et parvient à un nouveau résultat de 85 % en moyenne, ce qui est beaucoup mieux.  
Aucun élève n'est parvenu à 100 % de matchs nuls.

## 5. Évaluation, critères de réussite, modalités d'évaluation individuelle/collective

- **Évaluation formative :**

Les élèves réalisent tout au long du projet une auto-évaluation de leur programme (s'exécute-t-il correctement, l'IA est-elle efficace ?) et y apportent des modifications.

- **Évaluation sommative :** Les élèves travaillent en groupe

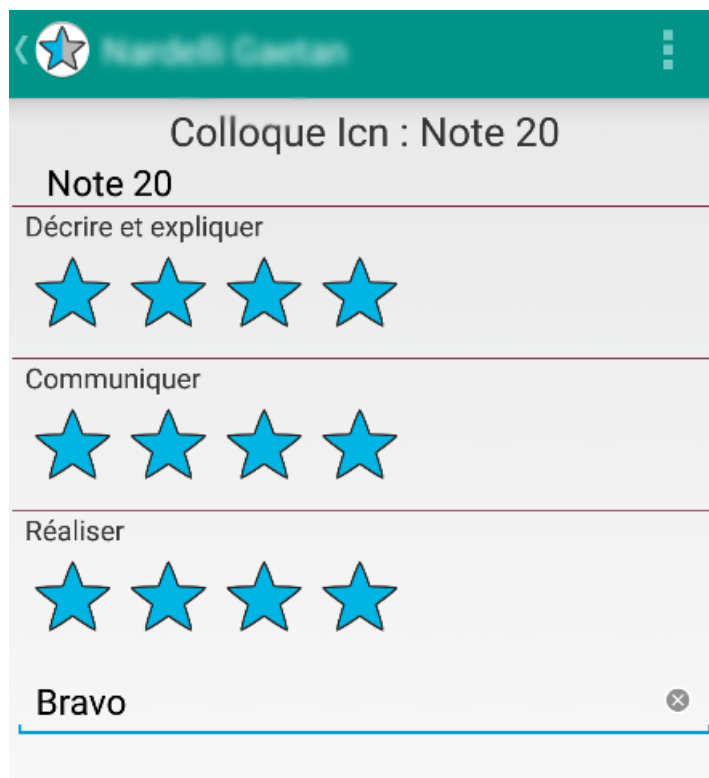
L'évaluation se fait au fur et à mesure, en même temps que de l'aide est apportée par le professeur.

Les programmes sont d'abord évalués par leur efficacité (exécution).

Les autres critères d'évaluation sont :

- Les programmes sont-ils bien écrits (lisibilité du code, choix des noms de variables) ?
- Les groupes ont-ils bien fonctionné (collaboration efficace, usage de Cloud) ?

À la fin, les élèves font une présentation, par exemple, le groupe de première a fait un exposé sur les IA et a proposé une démonstration du jeu lors d'un colloque.



Les élèves sont évalués individuellement lors de présentations collectives.

## 6. Productions d'élèves

**1 Scratch** – Exemple de réalisations pour les élèves de seconde en ICN.

**2 Version graphique Python sous Pygame** – Exemple de réalisation d'élève de seconde en ICN non aboutie.

**3 En mode console – IA contre joueur humain** : exemple de réalisation d'élève de terminale ISN  
[IavsHumain.py](#)

**4 En mode console – IA contre elle-même** : Exemple de réalisation d'élève de terminale ISN  
[IavsIA\\_simple.py](#)

**5 En mode console – IA contre elle-même, 1000 fois** :

Exemples de réalisation d'élève de terminale ISN

[IavsIAStats50pc.py](#)

[IavsIAStats85pc.py](#)

**6 Version graphique Python sous TkInter** – Version très aboutie réalisée par un élève de première S en ICN. La partie graphique a été réalisée conjointement par un élève de TS avec l'aide du professeur. Partie IA (fortement commentée) et interface utilisateur séparée.

## 7. Ressources mobilisées (partenariats, bibliographie, sitographie...)

[BO ICN seconde](#) (MENE1517386A)

[BO ICN première et terminal](#) (MENE1616734A)

[BO ISN](#) (MENE1119484A)

Rapport de Cédric Villani et Charles Torossian, [21 mesures pour l'enseignement des mathématiques](#)

Stanislas Dehaene, *les neurosciences et l'école*, 10/01/2018, Elena Sender,

[https://www.sciencesetavenir.fr/sante/portrait-stanislas-dehaene-le-dechiffreur-de-cerveau\\_29029](https://www.sciencesetavenir.fr/sante/portrait-stanislas-dehaene-le-dechiffreur-de-cerveau_29029)

## III. Apport des outils numériques

### 1. Les principaux apports

Les principaux apports sont :

- la découverte de la programmation, des structures conditionnelles et plus généralement le raisonnement logique.
- les algorithmes permettent d'imiter l'intelligence mais avec une forme d'intelligence très différente de la nôtre, et surtout très spécialisée (ici jouer au jeu du morpion). C'est l'importance du mot artificiel que l'on a tendance parfois à négliger.
- la mise au point des programmes, démarche qui consiste notamment à tester, à expérimenter. La place de l'erreur est ici positive, elle est une étape nécessaire à l'élaboration de la solution et favorise les apprentissages. Les mathématiques sont ici pratiques, par l'exécution des programmes, on peut progresser et mieux comprendre la pensée algorithmique.

## 2. Témoignages d'élèves :

Nous avons demandé aux élèves de donner leur avis sur l'activité proposée et un groupe (de filles) nous a apporté le [témoignage](#) dont nous livrons ci-dessous des extraits :

*« J'ai trouvé cette initiation à la programmation très intéressante. Malgré les nombreuses difficultés du début j'ai découvert une matière qui est très plaisante et qui me permet de découvrir de nouvelles choses. »*  
**Pauline, débutante en programmation.**

*« J'ai trouvé que c'était un bon projet pour commencer car il nous a directement plongés dans le bain dès le début. »*  
**Laikah, débutante en programmation.**

*« Pour ma part j'ai trouvé que faire un Morpion après l'apprentissage pur et dur était une très bonne idée. Beaucoup d'élèves apprécient les jeux alors c'était un thème plutôt accrocheur pour donner à des débutants la motivation nécessaire pour avancer dans quelque chose de nouveau pour certains d'entre nous. »*  
**Virginie, débutante en programmation.**

*« Le projet morpion n'a pas abouti car par soucis de connaissances de Python, le logiciel que nous devions utiliser pour réaliser ce projet était trop dur, trop de lignes dans le programme et nous ne pouvions plus lancer le programme.  
Pour cela, nous avons essayé de réparer le programme mais nous n'avons pas réussi car à chaque fois que l'on corrigeait un bug, alors un autre se créait. »*  
**Théo, Joris, Greg, élèves de seconde.**