HE IG VD | REDS Institut Reconfigurable and Embedded Digital Systems

Nom: Cuneo Basile

# Intelligence Artificielle pour les Systèmes Autonòmes (IAA)

*Prof. Marina Zapater (MZS)*

## Travail Écrit 1 (TE1)

*20.04.2023*

---

| Points obtenus: | Note: |
|---|---|
| Q1 Q2 Q3<br>5.5 8.75 7.5 | 5.0 |

**Remarques :**

- Ce Travail Écrit comporte 3 parties pour un total de 30 points.
- Durée du travail écrit : **2 périodes (90 minutes)**
- Vous devez répondre sur la feuille de questions
- Vous avez le droit a :
  - Une feuille manuscrite recto-verso
  - Une calculatrice (pas utile du tout, mais vous avez le droit)
- **Aucune réclamation** ne sera acceptée en cas d'utilisation de crayon à papier
- **La couleur rouge** est réservée pour les corrections ; merci de **ne pas l'utiliser**
- Si quelque chose ne vous semble pas suffisamment précisé, veuillez décrire votre hypothèse.
- S'il y a plusieurs réponses possibles, veuillez choisir celle qui vous semble la plus simple.

## Question 1 (10 points) : QCM 5.5

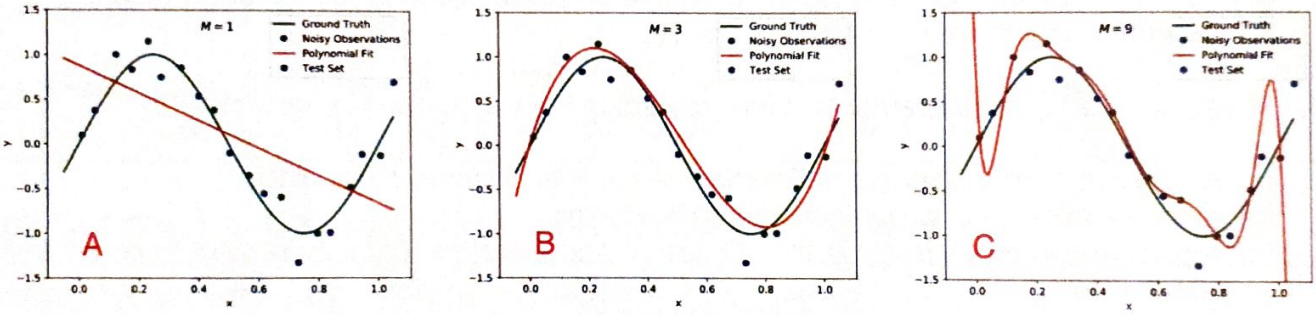
Veuillez cocher la réponse correcte. Pour chaque question il y a **une seule réponse correcte.** Une réponse juste vous donne +1pt. Les réponses incorrectes ont une pénalité de -0.5pt.

1. Which of the following sentences is **true** regarding the levels of autonomy proposed by the Society of Automotive Engineers (SAE)?

   (a) Many cars today (including cars from brands like Tesla, Mercedes and Volvo) are certified level 3 in Europe.
   (b) Level 2 allows both longitudinal and lateral control of the cars. Driver must monitor the system at all times but can be temporary hands-off.
   (c) Level 4 corresponds to full automation. The system can cope with all situations automatically and the driver is never required.
   (d) The SAE proposes 4 different levels of autonomy. Level 0 is not defined.

   1

2. Below we provide the performance of 3 models (red line) with respect to a ground truth (in green). Which of the following sentences is **false**?




   (a) Model A suffers from overfitting.
   (b) Model B is the best performing model.
   (c) Model C suffers from overfitting.
   (d) Model A suffers from underfitting.

   1

3. Which of the following sentences is **false** regarding the Crazyflie 2.1 drone?

   (a) The main processor of the Crazyflie 2.1 nanodrone belongs to the ARM Cortex-M family.
   (b) The GAP8 processor is an ARM processor architecture.
   (c) The AI-deck equips the GAP8 processor to accelerate AI tasks.
   (d) The GAP8 is a multi-core accelerator with 8 cores.

   1

4. Which of the following statements is **true** with respect to conditional imitation learning?

   (a) The Dronet of the Crazyflie drone uses conditional imitation learning.
   (b) Conditional imitation learning focuses on learning affordances.
   (c) Conditional imitation learning adds a condition controller to the navigation command (going left, right, straight, for example) to reduce the ambiguity of the environment.
   (d) Conditional imitation learning is based on the direct perception paradigm.

   -0.5

5. Which of the following statements is **false** regarding visual abstractions?

(a) Having better intermediate representations improve the results of computer vision.
(b) Depth and semantic segmentations often improve the results as they generalize better.
(c) Annotation is a time-consuming task that is required for training in supervised classification tasks.
(d) Having more complex classification by segmenting images into more classes always yields better results. Algorithm performance always increases with number of classes.

6. Which of the following statements is **true** regarding direct perception?

(a) It is a hybrid model between end-to-end and modular pipelines that decouples perception from planning and control.
(b) It is more modular than the modular pipeline.
(c) It is less interpretable than end-to-end learning.
(d) Cannot exploit the use of classical controllers such as PID.

7. Which of the following statements is **false** regarding reinforcement learning (RL)?

(a) Atari and AlphaGo are typical examples of games often implemented using RL.
(b) One of the benefits of RL is that rewards can be delayed, and are not necessarily instantaneous.
(c) RL is a supervised learning technique where an agent interacts with an environment.
(d) Q-learning is a model-free algorithm for RL.

8. Which of the following statements is **true** regarding the kinematics of a rigid body?

(a) A rigid body has 6 Degrees-of-Freedom. A car is considered a rigid body.
(b) A car is only subject to non-holonomic constraints.
(c) A particle can move freely in the 3D space, and therefore it is only subject to non-holonomic constraints.
(d) A particle is a rigid body.

9. Which of the following statements is **false** regarding close-loop control?

(a) Closed-loop control uses feedback to minimize the error between measurements taken by sensors and a reference.
(b) A black-box controller (like the bang-bang controller) uses a proportional and a derivative term to switch between two or more states.
(c) There exist different flavors of PID type of controllers, some which incorporate only PI components, PD or P only.
(d) PID control is very often used in autonomous vehicles (specially for robots and drones), either alone or in combination with other types of control.

10. Which of the following statements is **true** regarding rigid body motion?

(a) Tire models are not necessary in cars, as we will always assume non-slippery conditions.
(b) Lateral forces in wheels do not need to be considered. Only longitudinal ones are important.
(c) The kinematic bicycle model is a simplification that allows to combine two rear wheels and two front wheels into one (imaginary) rear wheel and one front wheel.
(d) The kinematic bicycle model treats rigids bodies as particles.

**Question 2 (10 points) : Questions courtes obligatoires** 8.75

Veuillez répondre à toutes les questions suivantes (2pt par question). Veuillez répondre sur la feuille d'énoncé.

(a) List 4 types of sensors equipped in an autonomous car today that help in enabling 3D vision and briefly describe their purpose. For each type of sensor, describe their range, resolution, cost and whether they are active or passive.

1.75

- lidar : détecter des obstacles alentours (distance), c'est un capteur actif, 0.25 portée d'une dizaine ou vingtaine de mètres, résolution dépend du nombre de mesures par rotation, pas trop cher (10m)
- 0.5 caméra : capturer des images, en tirer des infos, capteur passif, portée qui dépend surtout de la résolution, assez cher
- 0.5 capteur de proximité ultrason : actif, pour savoir jusqu'à où reculer sans taper, pas cher, quelques cm de portée et pas besoin d'une super résolution
- j'ai plus d'idée :( :(
- capteurs audio ? : permet d'entendre avec le bruit environnant s'il y a des choses en approche, passif, pas cher, portée qui dépend de la situation ×

(b) Describe 3 features supported in a Level2 certified car today.

2

- gestion de vitesse dans le traffic (autoroute) ✓
- gestion des changements de voies ✓
- suivi d'une piste ✓
- aide pour se garer. ✓

(c) Describe the basic principles of "imitation learning". Is it a supervised or an unsupervised learning technique? What is one of the major drawbacks of imitation learning? Provide an example in which imitation learning would not work properly and explain why (you can make a drawing if you want).

c'est supervisé ✓ par un "expert" qui montre quoi faire ✓
Principe : computing the difference between the result of our action and the expert's action (loss function → try to minimize the loss). ✓

2

Problème principal: une situation non montrée par l'expert, on ne sait pas gérer => crash
L'imitation learning ne serait pas bon dans une situation à fort trafique désordonné (arc-de-triomphe), trop de situations possibles à gérer.
Aussi, si par exemple il y'a un obstacle spécial (p.ex animal sur la route), le modèle peut ne pas y avoir été préparé.

(d) Describe what is Q-learning. Explain with an example (for instance a mouse trying to find the cheese in a maze) how RL and Q-learning work. What is one of the main disadvantages of Q-learning? What other models are used today to solve the disadvantages of Q-learning?

2

- c'est un algo qui va, en fonction d'une situation, apprendre à en tirer (calculer) une valeur pour en suite trouver la meilleure chose à faire
- Ex de la souris, il va chercher le meilleur chemin en donnant une certaine reward à chaque mouvement possible et faire en sorte d'avoir le meilleur.
- point négatif : mauvaise scalabilité, ne marche pas avec des "high dimensional state/actions pairs).
- solution: multi agent RL
  ou
  deep Q-learning.

(e) What is a "Model Predictive Controller" (MPC)? When is it useful? Explain one major advantage with respect to a PID controller.

partie prédiction + optimisation!

1.5

- C'est un controlleur qui se base sur un modèle, donc, en fonction d'une situation, il peut à peu près savoir ce qui pourrait probablement se passer => il peut mettre en oeuvre rapidement ce qu'il faut pour gérer cela.
- utile quand il n'y a pas d'humain pour changer les actions, il définit lui même quoi faire
- bien par rapport au PID parce que le PID est surtout bon quand on lui dit "va dans cet état, avec cette valeur", ici on prend bien plus de paramètres situationnels en compte.

## Question 3 (10 points) : Questions longues à choix

Vous devez répondre aux **2 questions de votre choix (1 question pour chaque partie du cours).**

Attention ! Si vous répondez à plus de 2 questions, les 2 questions avec les notes plus basses serons prises en compte.

### Embedded autonomous systems

**3.1** Make a block diagram of the Crazyflie drone and use it to explain its main components. What does the drone board contain? And the AI deck board? How do they communicate? Where is the camera located?

**3.2** What is NVIDIA Drive? What is the purpose of the NVIDIA SDK? Describe the NVIDIA Drive Orin SoC hardware and architecture, providing a block diagram of its main features (inputs, outputs, main blocks).

### End-to-end learning and direct perception

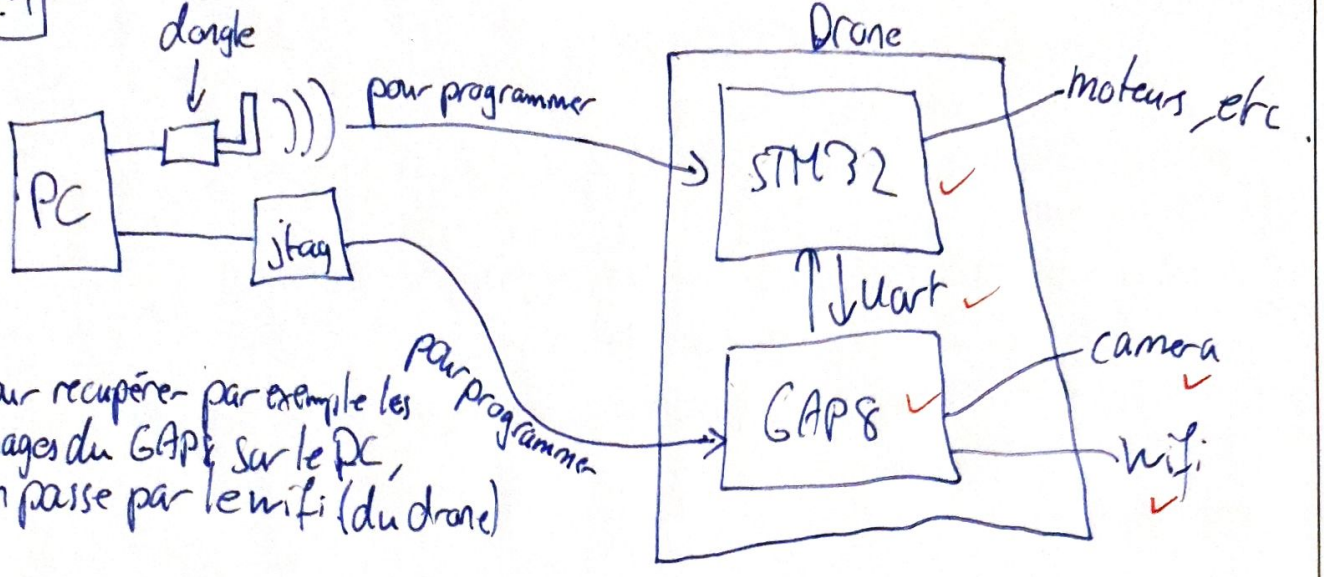
***3.3*** Describe the Dronet deep neural network that runs on the Crazyflie drone. What is the topology? What are the inputs and outputs? How is the decision of the Dronet used to control the drone? *(This question refers to the paper: "A 64mW DNN-based Visual Navigation Engine for autonomous nano-drones" by Palossi, Benini et al.)*

**3.4** What is the main idea behind "Conditional affordance learning" (CAL)? How is this applied specifically to urban environments in the work by Geiger et al.? What is the simulator used? What is the goal? Name a couple of examples of the infractions considered. What are the affordances? *(This question refers to the paper "Conditional Affordance Learning for Driving in Urban Environments" by Sauer, Savinov and Geiger).*

pour pas tourner la page :)

**Question 3.3 / Question 3.4**

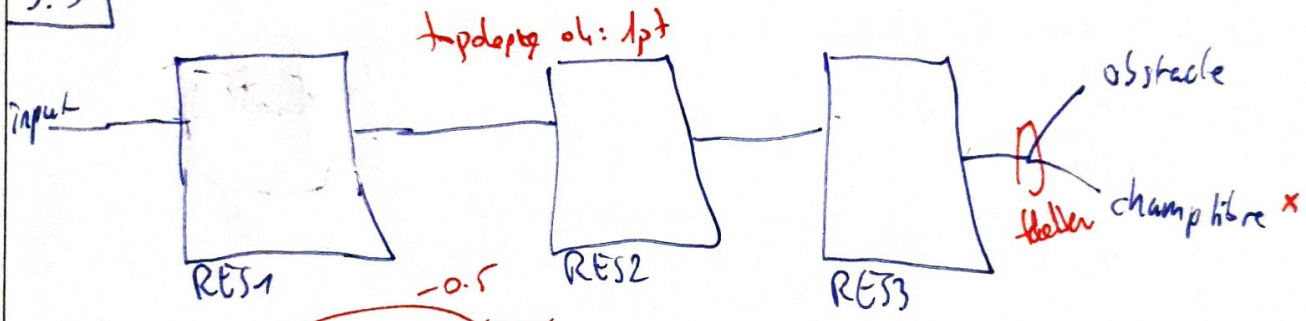
3.1




pour récupérer par exemple les images du GAP8 sur le PC, on passe par le wifi (du drone)

5

3.3




2.5 -0.5

0.5 RES : → BN → RELU → WEIGHTS → → (je sais, il en manque...)

0.5 inputs : les différents capteurs (gyroscope, camera, le capteur de hauteur, ...) ×

0.5 output : défini par ce qu'on fait dans le gap8 ×

Les décisions sont gérées par le programme du gap8 qui va envoyer des infos au STM32 pour qu'il puisse ensuite piloter le drone en fonction.