

LE MASTER2 AUTOMATIQUE-ROBOTIQUE (AURO)

-

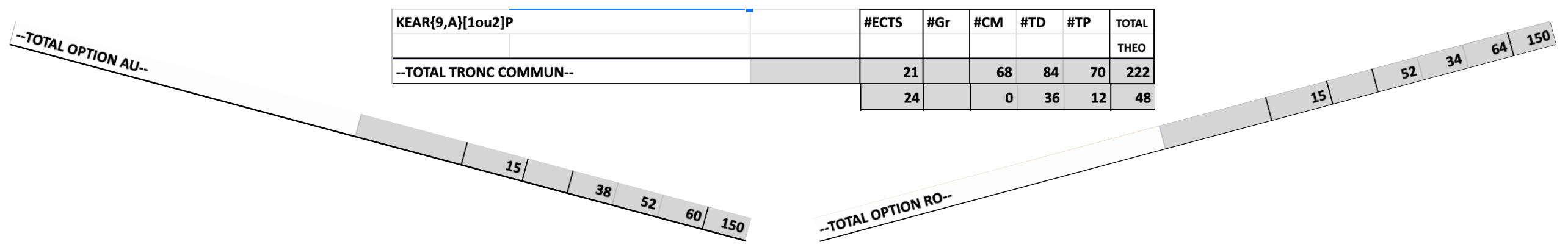
RENTRÉE 2022-2023

PATRICK DANÈS
patrick.danes@laas.fr

MI+M2 AUTOMATIQUE-ROBOTIQUE (AURO)

Ce parcours associe un socle de compétences en **automatique et informatique temps réel** à une ouverture vers la **robotique**. Il comporte deux blocs de spécialisation :

- la spécialisation Automatique a pour objectif de concevoir, prototyper et implémenter des stratégies avancées de commande en boucle fermée sur des systèmes dynamiques complexes (objectifs multiples, non-linéarités, incertitudes, etc.) ;
- la spécialisation Robotique a pour objectif d'appréhender le triptyque perception-décision-action, pour des applications de robotique industrielle (objectif de performance en conditions expérimentales maîtrisées) ou de robotique mobile (adaptation à des environnements inconnus, autonomie, coopération, etc.).



| KEAR{9,A}[1ou2]P | #ECTS | #Gr | #CM | #TD | #TP | TOTAL |
|------------------------|-------|-----|-----|-----|-----|-------|
| | | | | | | THEO |
| --TOTAL TRONC COMMUN-- | 21 | | 68 | 84 | 70 | 222 |
| | 24 | | 0 | 36 | 12 | 48 |

| | | | | | | |
|--------------------------------------|----|--|-----|-----|-----|-----|
| --TOTAL HORS SUPPLÉMENT AU DIPLÔME-- | 60 | | 106 | 172 | 142 | 420 |
|--------------------------------------|----|--|-----|-----|-----|-----|

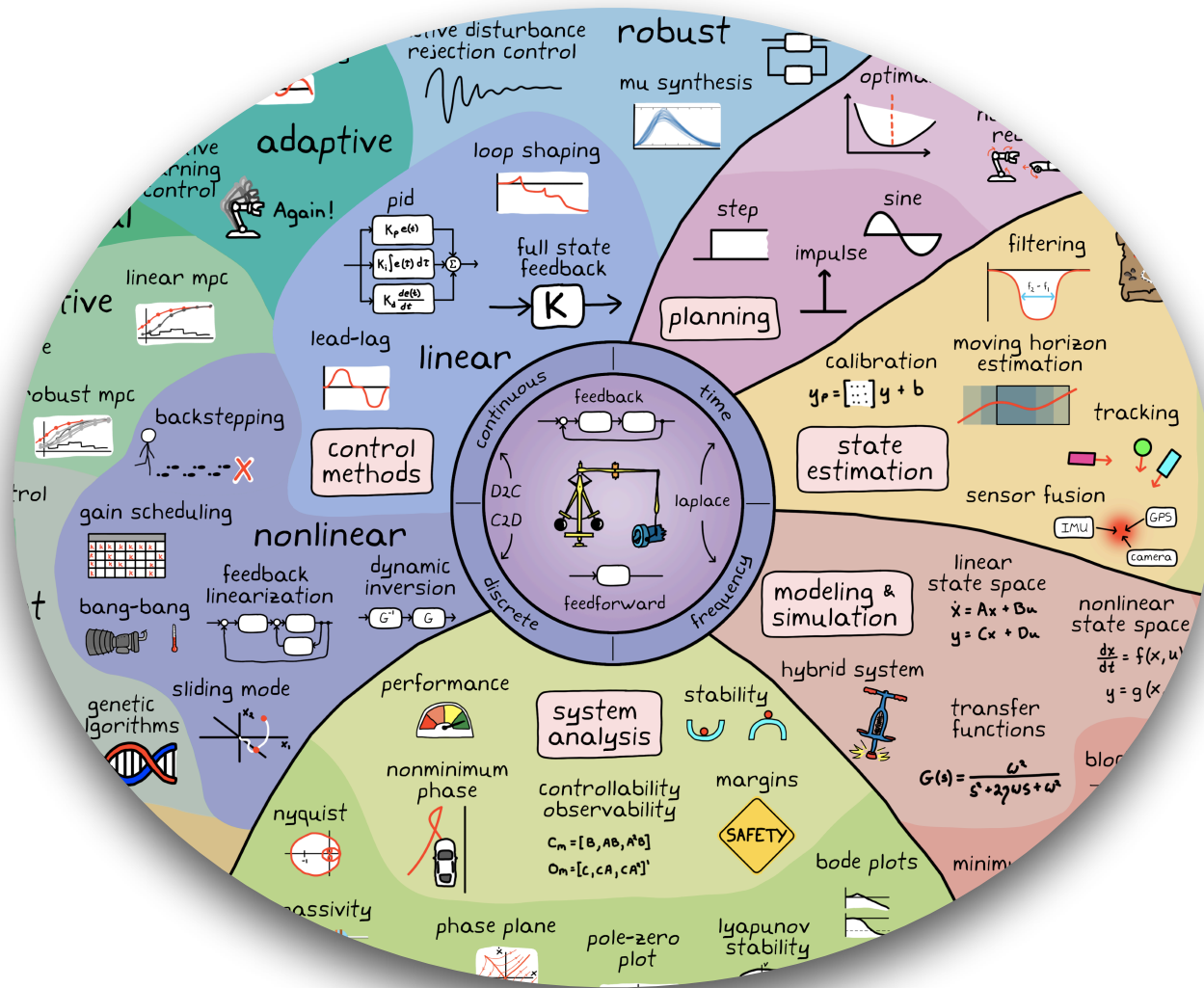
| | | | | | | |
|---------------------------------|------------|---|-----|--|----|----|
| Supplément au Diplôme I (ENAC) | KEARARH1/J | 3 | S10 | | 30 | 30 |
| Supplément au Diplôme II (ENAC) | KEARARI1/J | 3 | S10 | | 30 | 30 |

QUELQUES DÉFINITIONS...

FORCÉMENT IMPARFAITES (I)

Automatique : modélisation, identification, analyse, commande, observation... des systèmes dynamiques

- Boucle “perception-action”
- Discipline transverse, en connexion avec les math. appliquées, la théorie du signal...
- Multiples champs d'application - Lien avec l'instrumentation et l'info. temps réel



(c) Brian Douglas [extrait]

- Quelques enjeux
 - ▶ dynamique, performances, non-linéarités, incertitudes, retards...
- Conditions expérimentales et environnements généralement maîtrisés

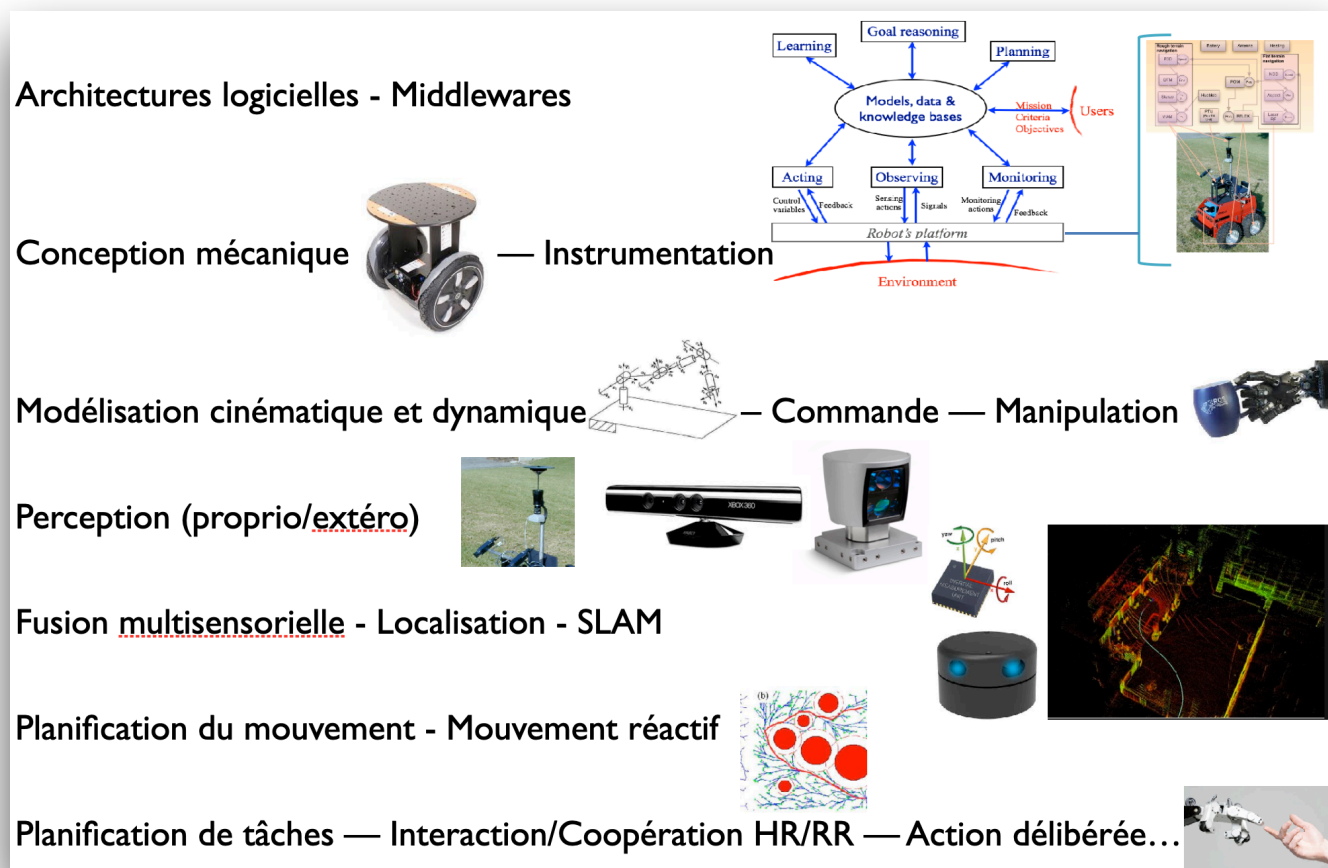


QUELQUES DÉFINITIONS...

FORCÉMENT IMPARFAITES (2)

Robotique : vers la machine dotée de perception, action, raisonnement, en interaction (environnement, robots, humains), dotée d'autonomie et d'adaptation

- Boucle “perception-décision-action”



- Quelques enjeux
 - ▶ incertitude, intégration, interaction, autonomie, adaptation
- Environnements inconnus, dynamiques, évolutifs

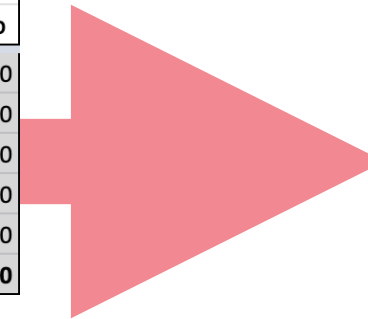


ORGANISATION DU M2

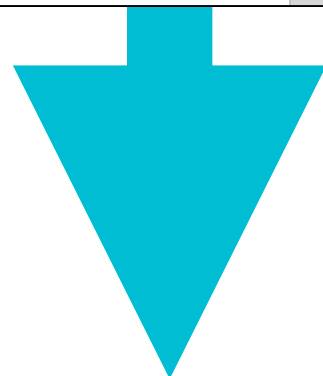
| KEAR{9,A}[1ou2]P | | #ECTS | #Gr | #CM | #TD | #TP | TOTAL THEO |
|--|------------|-----------|-----|-----------|-----------|-----------|------------|
| COO - Systèmes et Architectures Temps Réel et la COO complémentaire en projets | KEAR9RA1/J | 3 | S9 | 16 | 6 | 14 | 36 |
| AOH (<i>commun ISTR</i>) | KEAX9TB1/J | 3 | S9 | | 36 | | 36 |
| Commande Optimale I | KEAR9RC1/J | 3 | S9 | 10 | 8 | 12 | 30 |
| Commande Non Linéaire (<i>commun ISTR-commande</i>) | KEAX9TE1/J | 3 | S9 | 10 | 12 | 8 | 30 |
| Optimisation et Estimation | KEAR9RF1/J | 3 | S9 | 10 | 8 | 12 | 30 |
| Robotique Industrielle avancée | KEAR9RG1/J | 3 | S9 | 12 | 6 | 12 | 30 |
| Commande de Robots | KEAR9RH1/J | 3 | S9 | 10 | 8 | 12 | 30 |
| --TOTAL TRONC COMMUN-- | | 21 | | 68 | 84 | 70 | 222 |

| KEAR{9,A}[1ou2]P | | #ECTS | #Gr | #CM | #TD | #TP | TOTAL THEO |
|--------------------------------|---------------------------------|-----------|-----|----------|-----------|-----------|------------|
| Anglais (<i>commun ISTR</i>) | (KEAR9LV / KEAR9XVU / KEAX9XV1) | 3 | S9 | | 24 | | 24 |
| Projets | KEARARA1 | 3 | S10 | e:3h/e | 12 | 12 | 24 |
| Stage | KEARARB1 | 18 | S10 | e:4h/e | | | 0 |
| --TOTAL-- | | 24 | | 0 | 36 | 12 | 48 |

| KEAR{9,A}[1ou2]P | | #ECTS | #Gr | #CM | #TD | #TP | TOTAL THEO |
|---|-----------------------|-----------|-----|-----------|-----------|-----------|------------|
| Robotique Mobile et Navigation (-> IARF) : RM/SLAMo | KEAX9RJ1/J | 3 | S9 | 10 | 4 | 16 | 30 |
| Perception 3D (-> IARF) | KEAX9RK1/J | 3 | S9 | 10 | 6 | 14 | 30 |
| Vision Indus / Cde Réf Vision | KEARARF1/J | 3 | S10 | 10 | 8 | 12 | 30 |
| Robotique Probabiliste : Estim II/SLAM-Filtrage/ROS | KEARARG1/J | 3 | S10 | 10 | 8 | 12 | 30 |
| ML (<- IARF) | KEARARJU/KINX8BA1&3/J | 3 | S10 | 12 | 8 | 10 | 30 |
| --TOTAL OPTION RO-- | | 15 | | 52 | 34 | 64 | 150 |



| KEAR{9,A}[1ou2]P | | #ECTS | #Gr | #CM | #TD | #TP | TOTAL THEO |
|---|------------|-----------|-----|-----------|-----------|-----------|------------|
| Cde Linéaire Avancée | KEAX9TD1/J | 3 | S9 | 8 | 20 | 12 | 40 |
| Cde Optimale II | KEAR9RI1/J | 3 | S9 | 10 | 8 | 12 | 30 |
| Cde des Systèmes Hybrides | KEARARC1/J | 3 | S10 | 10 | 8 | 12 | 30 |
| Conc ^o & MO TR (<i>commun ISTR-commande</i>) | KEAXATD1/J | 3 | S10 | 0 | 8 | 12 | 20 |
| Cde au travers des Réseaux | KEARARE1/J | 3 | S10 | 10 | 8 | 12 | 30 |
| --TOTAL OPTION AU-- | | 15 | | 38 | 52 | 60 | 150 |



| KEAR{9,A}[1ou2]P | | #ECTS | #Gr | #CM | #TD | #TP | TOTAL THEO |
|---|------------|-----------|-----|------------|------------|------------|------------|
| --TOTAL HORS SUPPLÉMENT AU DIPLÔME-- | | 60 | | 106 | 172 | 142 | 420 |
| Supplément au Diplôme I (ENAC) | KEARARH1/J | 3 | S10 | | 30 | | 30 |
| Supplément au Diplôme II (ENAC) | KEARARI1/J | 3 | S10 | | 30 | | 30 |

... ET LE MI DEVIENT

| page | Code | Intitulé UE | ECTS | Obligatoire Facultatif | Cours | TD | TP | TP DE | Stage | Stage ne |
|--|----------|--|------|---------------------------|-------|----|----|-------|-------|----------|
| Premier semestre | | | | | | | | | | |
| 10 | EMEAT1AM | CONNAISSANCE DE L'ENTREPRISE ET COMMUNICATION | 3 | O | | | | | | |
| 11 | EMEAT1A1 | Connaissance de l'entreprise | | | 6 | 12 | | | | |
| 11 | EMEAT1A2 | Communication | | | 4 | 12 | | | | |
| 12 | EMEAT1BM | TECHNIQUES ET IMPLÉMENTATION DE MÉTHODES NUMÉRIQUES | 3 | O | 10 | | 24 | | | |
| 13 | EMEAT1CM | CONCEPTION DE SYSTÈMES | 3 | O | 10 | 12 | 8 | | | |
| Choisir 1 UE parmi les 3 UE suivantes : | | | | | | | | | | |
| 14 | EMEAT1DM | PROCESSEURS ET LOGICIELS POUR LE TRAITEMENT DU SIGNAL | 3 | O | 8 | 9 | | 12 | | |
| 15 | EMEAT1EM | TRAITEMENT DES IMAGES | 3 | O | 14 | 7 | 9 | | | |
| 16 | EMEAT1FM | INSTRUMENTATION ET CHAÎNE DE MESURE | 3 | O | 8 | 8 | 14 | | | |
| 17 | EMEAT1GM | SYSTÈMES À ÉVÉNEMENTS DISCRETS, MODÉLISATION ET ANALYSE | 6 | O | 20 | 24 | | 16 | | |
| 18 | EMEAT1HM | SYSTÈMES LINÉAIRES À TEMPS CONTINU 2 | 3 | O | 10 | 12 | | 8 | | |
| 19 | EMEAT1IM | MICROCONTRÔLEUR | 3 | O | 9 | 9 | 12 | | | |
| 20 | EMEAT1JM | SYSTÈMES LINÉAIRES À TEMPS CONTINU 1 | 3 | O | 10 | 12 | | 8 | | |
| 21 | EMEAT1KM | PERFORMANCE ET ROBUSTESSE DES SYSTÈMES LINÉAIRES ASSERVIS | 3 | O | 10 | 12 | 8 | | | |
| 22 | EMEAT1TM | STAGE FACULTATIF | 3 | F | | | | | | 0,5 |
| Second semestre | | | | | | | | | | |
| 23 | EMEAT2AM | TECHNIQUES DE MISES EN ŒUVRE POUR LES SYSTÈMES À ÉVÉNEMENTS DISCRETS | 3 | O | 6 | 6 | | 18 | | |
| 24 | EMEAT2BM | OUTILS POUR LA COMMANDE DES SYSTÈMES PARALLÈLES | 3 | O | 10 | 12 | 8 | | | |

| page | Code | Intitulé UE | ECTS | Obligatoire Facultatif | Cours | TD | TP | TP DE | Stage | Stage ne |
|--|----------|---|------|---------------------------|-------|----|----|-------|-------|----------|
| 25 | EMEAT2CM | SYSTÈMES LINÉAIRES À TEMPS DISCRET ET IDENTIFICATION | 3 | O | 10 | 12 | 8 | | | |
| regroupée avec EMEAT2FM en "Syst° Lin° à Temps Discret" | | | | | | | | | | |
| 26 | EMEAT2DM | REPRÉSENTATION ET ANALYSE DES SYSTÈMES NON LINÉAIRES | 3 | O | 10 | 12 | | 8 | | |
| 27 | EMEAT2EM | CONCEPTION ORIENTÉE OBJET DES SYSTÈMES DE COMMANDE | 3 | O | 10 | 12 | | 8 | | |
| 28 | EMEAT2FM | COMMANDE DES SYSTÈMES LINÉAIRES À TEMPS DISCRET | 3 | O | 10 | 12 | 8 | | | |
| devient "Optimisation-Graphes" | | | | | | | | | | |
| Choisir 2 UE parmi les 3 UE suivantes : | | | | | | | | | | |
| 29 | EMEAT2GM | RÉSEAUX POUR LA COMMANDE DE SYSTÈMES DISTRIBUTIBUS | 3 | O | 9 | 9 | 12 | | | |
| 30 | EMEAT2HM | MODÉLISATION ET COMMANDE DES CONVERTISSEURS STATIQUES | 3 | O | 12 | 9 | 9 | | | |
| 31 | EMEAT2IM | PROBLÉMATIQUES DES SYSTÈMES EMBARQUÉS | 3 | O | 10 | 10 | | 10 | | |
| | EMEAT2KM | INITIATION À LA RECHERCHE ET PROJET | 3 | O | 4 | 4 | | 20 | | |
| Choisir 1 UE parmi les 4 UE suivantes : | | | | | | | | | | |
| | EMEAT2VM | ANGLAIS | 3 | O | | | | 24 | | |
| 35 | EMEAT2WM | ALLEMAND | 3 | O | | | | 24 | | |
| 36 | EMEAT2XM | ESPAGNOL | 3 | O | | | | 24 | | |
| 37 | EMEAT2YM | FRANÇAIS GRANDS DÉBUTANTS | 3 | O | | | | 24 | | |
| 33 | EMEAT2LM | INITIATION JURIDIQUE | 3 | F | | | | 24 | | |

ORGANISATION DU M2

Ouverture à l'alternance...

- Contrats de professionnalisation depuis Septembre 2016
- Organisation de l'année universitaire en conséquence

| SEPTEMBRE | | OCTOBRE | | NOVEMBRE | | DÉCEMBRE | | JANVIER | | FÉVRIER | | MARS | | AVRIL | | MAI | | JUIN | | JUILLET | | AOÛT | | SEPTEMBRE | |
|-----------|--|---------|--|----------|-------|----------|-------|---------|-------|---------|--|------|--|-------|--|------|--|------|--|---------|--|------|--|-----------|--|
| 1 M | | 1 J | | 1 D | Férié | 1 M | | 1 V | Férié | 1 L | | 1 L | | 1 J | | 1 S | | 1 M | | 1 J | | 1 D | | 1 M | |
| 2 M | | 2 V | | 2 L | | 2 M | | 2 S | | 2 M | | 2 M | | 2 V | | 2 D | | 2 M | | 2 V | | 2 L | | 2 J | |
| 3 J | | 3 S | | 3 M | | 3 J | | 3 D | | 3 M | | 3 M | | 3 S | | 3 L | | 3 J | | 3 S | | 3 M | | 3 V | |
| 4 V | | 4 D | | 4 M | | 4 V | | 4 L | | 4 J | | 4 J | | 4 D | | 4 M | | 4 V | | 4 D | | 4 M | | 4 S | |
| 5 S | | 5 L | | 5 J | | 5 M | | 5 M | | 5 V | | 5 V | | 5 L | | 5 M | | 5 S | | 5 L | | 5 J | | 5 D | |
| 6 D | | 6 M | | 6 V | | 6 D | | 6 M | | 6 S | | 6 S | | 6 M | | 6 J | | 6 D | | 6 M | | 6 V | | 6 L | |
| 7 L | | 7 M | | 7 S | | 7 L | | 7 J | | 7 D | | 7 D | | 7 M | | 7 V | | 7 L | | 7 M | | 7 S | | 7 M | |
| 8 M | | 8 J | | 8 D | | 8 M | | 8 V | | 8 L | | 8 L | | 8 J | | 8 S | | 8 M | | 8 J | | 8 D | | 8 M | |
| 9 M | | 9 V | | 9 L | | 9 M | | 9 S | | 9 M | | 9 M | | 9 V | | 9 D | | 9 M | | 9 V | | 9 L | | 9 J | |
| 10 J | | 10 S | | 10 M | | 10 J | | 10 D | | 10 M | | 10 M | | 10 S | | 10 L | | 10 J | | 10 S | | 10 M | | 10 V | |
| 11 V | | 11 D | | 11 M | Férié | 11 V | | 11 L | | 11 J | | 11 J | | 11 D | | 11 M | | 11 V | | 11 D | | 11 M | | 11 S | |
| 12 S | | 12 L | | 12 J | | 12 S | | 12 M | | 12 V | | 12 V | | 12 L | | 12 M | | 12 S | | 12 M | | 12 J | | 12 D | |
| 13 D | | 13 M | | 13 V | | 13 D | | 13 M | | 13 S | | 13 S | | 13 M | | 13 J | | 13 D | | 13 M | | 13 V | | 13 L | |
| 14 L | | 14 M | | 14 S | | 14 L | | 14 J | | 14 D | | 14 D | | 14 M | | 14 V | | 14 L | | 14 M | | 14 S | | 14 M | |
| 15 M | | 15 J | | 15 D | | 15 M | | 15 V | | 15 L | | 15 L | | 15 J | | 15 S | | 15 M | | 15 J | | 15 D | | 15 M | |
| 16 M | | 16 V | | 16 L | | 16 M | | 16 S | | 16 M | | 16 M | | 16 V | | 16 D | | 16 M | | 16 V | | 16 L | | 16 J | |
| 17 J | | 17 S | | 17 M | | 17 J | | 17 D | | 17 M | | 17 M | | 17 S | | 17 L | | 17 J | | 17 S | | 17 M | | 17 V | |
| 18 V | | 18 D | | 18 M | | 18 V | | 18 L | | 18 J | | 18 J | | 18 D | | 18 M | | 18 V | | 18 D | | 18 M | | 18 S | |
| 19 S | | 19 L | | 19 J | | 19 S | | 19 V | | 19 M | | 19 V | | 19 L | | 19 M | | 19 S | | 19 L | | 19 J | | 19 D | |
| 20 D | | 20 M | | 20 V | | 20 D | | 20 M | | 20 S | | 20 S | | 20 M | | 20 J | | 20 D | | 20 M | | 20 V | | 20 L | |
| 21 L | | 21 M | | 21 S | | 21 L | | 21 J | | 21 D | | 21 D | | 21 M | | 21 V | | 21 L | | 21 M | | 21 S | | 21 M | |
| 22 M | | 22 J | | 22 D | | 22 M | | 22 V | | 22 L | | 22 L | | 22 J | | 22 S | | 22 M | | 22 J | | 22 D | | 22 M | |
| 23 M | | 23 V | | 23 L | | 23 M | | 23 S | | 23 M | | 23 M | | 23 V | | 23 D | | 23 M | | 23 V | | 23 L | | 23 J | |
| 24 J | | 24 S | | 24 M | | 24 J | | 24 D | | 24 M | | 24 M | | 24 S | | 24 L | | 24 J | | 24 S | | 24 M | | 24 V | |
| 25 V | | 25 D | | 25 M | | 25 V | Férié | 25 L | | 25 J | | 25 J | | 25 D | | 25 M | | 25 V | | 25 D | | 25 M | | 25 S | |
| 26 S | | 26 L | | 26 J | | 26 S | | 26 M | | 26 V | | 26 V | | 26 L | | 26 M | | 26 S | | 26 L | | 26 J | | 26 D | |
| 27 D | | 27 M | | 27 V | | 27 D | | 27 M | | 27 S | | 27 S | | 27 M | | 27 J | | 27 D | | 27 M | | 27 V | | 27 L | |
| 28 L | | 28 M | | 28 S | | 28 L | | 28 J | | 28 D | | 28 D | | 28 M | | 28 V | | 28 L | | 28 M | | 28 S | | 28 M | |
| 29 M | | 29 J | | 29 D | | 29 M | | 29 V | | 29 L | | 29 L | | 29 J | | 29 S | | 29 M | | 29 J | | 29 D | | 29 M | |
| 30 M | | 30 V | | 30 L | | 30 M | | 30 S | | 30 M | | 30 M | | 30 V | | 30 D | | 30 M | | 30 V | | 30 L | | 30 J | |
| 31 S | | 31 S | | 31 J | | 31 D | | 31 D | | 31 M | | 31 M | | 31 L | | 31 L | | 31 L | | 31 S | | 31 M | | 31 J | |

... et pour les non-alternants

- Projets inter-disciplinaires \approx 10 semaines - Clients académiques ou industriels - “Coachs”
 - ▶ Préhension d'objets par un cobot [Sogeti]
 - ▶ Commande non linéaire de drones
 - ▶ Dév. d'une usine connectée de démonstration [Sogeti]
 - ▶ Apollo II
 - ▶ Construction, modélisation, simulation et commande de robots manipulateurs à base de LEGO MINDSTORMS
 - ▶ Quand l'Intelligence Artificielle rencontre la stabilité
 - ▶ Extraction de MNT à partir d'images satellites [CS-SI]
 - ▶ Navigation autonome visuelle
 - ▶ Interface vocale pour une neuroprothèse [Covirtua]
 - ▶ DNN pour la description de contenu audio par génération de phrases écrites
 - ▶ Intégration d'un robot collaboratif dans un environnement de production à l'aide de ROS

ORGANISATION DU M2

Stages

- Automatique, Robotique, Vision, Perception, IA, Apprentissage automatique...
- 4 à 6 mois - France ou Étranger - Entreprises (≈60%) ou Laboratoires (≈40%)
 - ▶ EUROPE, USA, JAPON, SINGAPOUR...
 - ▶ SSII, Automobile, Transports, Défense... :ASTRIUM, THALÈS, ROCKWELL COLLINS, CNES, STAÜBLI, SPIKENET, NAÏO, SOGETI HIGHTECH, ROBOSOFT...
 - ▶ LAAS-CNRS, IRIT, ONERA, INRA, IRSTEA, CEA, INRIA...

Développement d'un environnement de simulation pour la validation de fonctions ADAS, **Asystem**

Contrôle prédictif et optimal appliqué au contrôle des chaînes de traction, **PSA**

Pilotage de missile par commande robuste H-infini, **Thalès armement**

Estimation de l'odométrie visuelle monoculaire, **Continental**

Perception et localisation pour un véhicule autonome, **Transdev**

Contrôle Vision Défauts et Outillage de forgeage à chaud, **Arconic**

Path planning for multi-robot systems in industry 4.0, **LINEACT/CESI**

Etat de l'art des outils de qualimétrie du code et étude d'adéquation, **ATOS**

Gestion des données et automatisation d'un processus d'analyse des problématiques sur les exploitations agricoles céréalières basée sur la reconnaissance des formes, **NewDrone**

Planification de trajectoires pour véhicules autonomes, **Continental**

Navigation autonome d'un robot mobile dans un atelier, **Ingram micro**

Développement des fonctions innovatrices de l'équipe Driver

Monitoring / ADAS, **Continental**

Commande et observation en temps fini des systèmes non linéaires, **LAAS**

Construction d'observateurs pour systèmes hyperboliques, **LAAS**

Commande en couple corps complet sur le robot Pyrene, **LAAS**

Human 3D Shape Estimation from a Single Image, **INRIA**

Formation Control for Multi-Drone Aerial Manipulation, **Institut polytechnique des sciences avancées**

Architecture générique pour la commande de systèmes robotiques, **IRIT**

Navigation autonome en environnement agricole, **LAAS**

Prise en compte d'un élément d'apprentissage dans la boucle de commande, **LAAS**

Étude de la commande adaptative pour les systèmes à paramètres variants, **LAAS**

Contrôle d'anesthésie, **LAAS**

DEVENIR DES ÉTUDIANT·E·S

Carrières professionnelles variées

- Industrie
 - ▶ Ingénieur en entreprise : en robotique, en automatique, études, recherche & développement, informatique, intégration, technico- commercial, d'applications...
 - ▶ Chef de projet, consultant...
- Doctorat, puis
 - ▶ Chercheur CNRS/INRIA, Enseignant-Chercheur
 - ▶ Ingénieur de recherche, Ingénieur R&D

Quelques statistiques

■ Bilan 2019

- Embauche à Noël 2019 : 15 / 23 étudiants dont 6 en thèse et 9 dans l'industrie, 3 redoublants, 5 sans réponse.
- Domaines : Automobile, transports, aéronautique, SSII, etc.
- Entreprises : Alten, Cap Gemini, Expleo, Railenium, Ratier, etc.

■ Bilan 2018

- Embauche à Noël 2018 : 9 / 17 étudiants dont 3 en thèse, 6 dans l'industrie, 1 redoublant, 1 poursuite, 6 sans réponse
- Domaines : ADAS, automobile, armement, aéronautique, ...
- Entreprises : Google, PSA, Alten, Assystem, Thalès, etc.

MERCI !

PATRICK DANÈS

patrick.danes@laas.fr