



# MODAL D'INFORMATIQUE

Juan-Antonio Cordero-Fuertes

juan-antonio.cordero-fuertes@polytechnique.edu

	CODE	PÉRIODE			Numerus clausus
		P1	P2	P3	
C	Connected Objects and the Internet of Things (IoT)	INF471C	1		24
S	ACM-ICPC SWERC training	INF471S	1		voir modalités d'inscription p. 51
T	Tablettes et smartphones	INF471T	1		24
W	Applications Web	INF471W	1		48
		INF472W		2	48
D	Distributed applications	INF472D		2	24
R	Robots et drones	INF472R		2	20
A	Competitive programming in C++	INF473A		3	24
G	Fouille, apprentissage et raisonnement sur les graphes du Web	INF473G		3	18
J	Conception et développement d'un Jeu vidéo	INF473J		3	18
V	Deep Learning in Computer Vision	INF473V		3	30
X	Cybersecurity - the hacking Xperience	INF473X		3	48

De notre smartphone à un robot, en passant par des objets connectés; des images à la manipulation de graphes et la maîtrise des réseaux; du web aux jeux vidéo, les applications modernes de l'informatique exigent des algorithmes efficaces et aussi des programmes bien adaptés. Il existe des bibliothèques spécialisées et très sophistiquées qui permettent de gagner beaucoup de temps dans la conception, mais leur compréhension théorique et leur utilisation optimale introduisent de nouveaux défis.

Dans le cadre restreint du modal, vous devrez choisir un sujet particulier que vous approfondirez par la réalisation d'un projet de programmation, de préférence en binôme.

Dans tous les cas, les compétences que vous allez acquérir seront similaires: approche expérimentale dans la modélisation d'un problème issu du réel, acquisition de compléments théoriques, apprentissage de technologies complexes, rigueur et précision indispensables pour aboutir à une réalisation.

Votre choix se fera en deux étapes. Dans un premier temps, vous devez choisir une thématique. La définition précise d'un sujet, se fera ensuite lors des premières semaines du modal, en accord avec la thématique choisie et les exigences pédagogiques, après avoir pris la mesure de quelques problèmes inté-

ressants et des difficultés auxquelles vous attendrez.

*L'offre de thématiques pour 2021-2022 est la suivante:*

### Période 1

INF471C – Connected Objects and the Internet of Things (IoT).  
 INF471S – ACM-ICPC SWERC training.  
 INF471T – Tablettes et smartphones.  
 INF471W – Applications Web.

### Période 2

INF472W – Applications Web.  
 INF472D – Distributed applications.  
 INF472R – Robots et Drones

### Période 3

INF473A – Competitive programming in C++.  
 INF473G – Fouille, apprentissage et raisonnement sur les Graphes du Web.  
 INF473J – Conception et développement d'un Jeu vidéo  
 INF473V – Deep Learning in Computer Vision.  
 INF473X – Cybersecurity – the hacking Xperience.

Les pages qui suivent vous donneront un aperçu des sujets abordés dans chacune de ces thématiques. Faites attention, sauf en ce qui concerne la thématique Web qui est proposée aux périodes 1 et 2, toutes les autres thématiques ne sont proposées que sur une seule période.

Si vous hésitez encore, voici quelques bonnes raisons pour placer les thématiques du modal informatique en tête de vos choix:

- appliquer et consolider, dans un cadre expérimental, les connaissances acquises aux trimestres précédents,
- découvrir les richesses d'un domaine par simple curiosité intellectuelle ou pour mieux préparer votre projet de 3A et 4A,

- profiter d'un encadrement conséquent pour réaliser le projet de programmation qui est un prérequis pour le PA Informatique,
- traiter, peut être pour la première fois, un problème non scolaire,
- comprendre comment fonctionnent les outils que chacun croise tous les jours,
- préparer un projet de création de startup à court terme, les exemples existent.

# MODAL

## Connected Objects and the Internet of Things

Thomas Clausen  
Thomas.Clausen@Polytechnique.edu

Juan-Antonio Cordero-Fuertes  
juan-antonio.cordero-fuertes@polytechnique.edu

### INF471C

#### Période 1

In the 21<sup>st</sup> century, a company developing a product (or, a polytechnique student, doing a PSC...) either:

- has a strategy for rendering the product (or, the PSC) somehow connected; or
- is as disconnected from reality, as was the guy installing the bike-rack on the picture to the left.

If you are, or want to be, in the first category, then this MODAL is for you – regardless of your previous experience.

Whether you are a novice, or a seasoned programmer, this tutorial-based MODAL will bring you to having developed a complete connected object (system), and in the process taught you things such as:

- How a micro controller works, and how to build intelligent objects with it?
- How to (efficiently) use WiFi, Bluetooth, Bluetooth/LE, IEEE 802.15.4,

and other “IoT Interconnect” to connect your intelligent object to the Internet

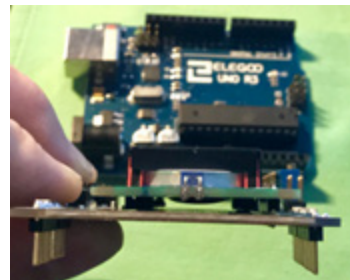
- How to “communicate to the cloud” from your connected object – in passing, understand things such as CoAp, and REST.

A set of tutorials will be proposed through this MODAL, training you in the key technologies - and, in the process guiding you through developing (with your buddy) connected object systems, such as:

- A connected, multi-site, weather station
- A home automation system
- A Twitter button
- ...

You are highly encouraged to bring your own project ideas, which your instructors will work with you to fit in to the tutorials.

For this reason, this MODAL is limited to 24 students.



# MODAL

## ACM-ICPC SWERC training

Hang Zhou  
hzhou@lix.polytechnique.fr

### INF471S

#### Période 1

All participants in this Modal are expected to take part in the X-Qualification contest in the end of the Modal. Best students in the X-Qualification contest will represent the Ecole polytechnique at the Southwestern Europe Regional Contest (SWERC) of the ACM International Collegiate Programming Contest (ACM-ICPC).

Do you like solving challenging CS problems and programming? Do you like competing in an international programming contest? Are you interested in working in a tech company such as Google, Microsoft, Amazon, IBM, Facebook, and Apple? If your answers are yes, you should consider the ACM-ICPC, which is the most prominent international programming competition at university level. Participants compete in teams of three students. They must solve as many algorithmic problems as possible within a five hour period. The contest is divided into three phases: a qualification contest within the École Polytechnique, a regional contest in Southwestern Europe, and a World Final contest. Every year, two or three teams of the École Polytechnique

are qualified to participate in the Southwestern Europe Regional Contest (SWERC), in which more than hundred teams take part, including ENS, ETH, UPC, EPFL, etc.

See more at <https://www.polytechnique.edu/fr/content/deux-medailles-dargent-pour-ix-au-concours-de-programmation-swerc>

If you are interested in this Modal, please send your CV to Hang Zhou (hzhou@lix.polytechnique.fr) as soon as possible to know details about the pre-selection.

Students having participated in International Olympiad in Informatics (IOI) and International Mathematical Olympiad (IMO) are especially encouraged to apply.



# MODAL

## Tablette et smartphone

Pascal Vanier  
pascal.vanier@lacl.fr

### INF471T

#### Période 1

#### Applications mobiles smartphone

Comment réaliser des applications pour mobile ?

L'émergence de nouvelles technologies nous permet de réaliser de telles applications comme une page Web. C'est ce concept que reprendra ce modal qui vous permettra de créer votre propre application.



#### Déroulement du Modal

Découverte en 5 séances des principaux concepts et mise en œuvre en TD. Développement d'un projet en binôme sur les 4 dernières séances. Attention, ce modal n'aborde pas les applications dites natives.

#### Idées de projet

Les projets sont libres de choix tout en respectant certaines contraintes liées au contenu. Géolocalisation, utilisation de l'appareil photo, du GPS, de l'accéléromètre, du carnet d'adresse toutes les fonctionnalités du téléphone sont accessibles.



# MODAL

## Web

Olivier Serre  
Olivier.Serre@irif.fr

### INF471W et INF472W

#### Période 1 et 2

En 2014, le nombre de sites Web dépassait le milliard alors qu'il n'en existait que 50 millions en 2004. De plus, ces sites proposent de plus en plus de services personnalisés suivant l'utilisateur: agrégateurs, espaces de travail partagé, sites communautaires ou encore blogs en sont des parfaits exemples. Cette nouvelle donne a vu se développer en parallèle des technologies adaptées pour le développement de tels sites ou devrait-on dire actuellement de telles applications.

Ce cours a pour objectif d'aborder d'un point de vue pratique et concret les problèmes liés au développement de ces applications. Les techniques abordées seront les suivantes: programmation objet en PHP, introduction aux bases de données à travers

MySQL, sécurité des applications, cartes et géolocalisation, Javascript, Ajax...

Dans ce modal, les 4 premières séances sont consacrées à la construction de briques de base utilisées ensuite dans un projet développé en binôme sur un sujet qui vous tiens à cœur.

Le choix de celui-ci est libre et toutes les idées sont les bienvenues!

Rejoignez INF471W/472W  
en période 1/2  
pour développer votre application web!





# MODAL

## Distributed applications

Thomas Clausen  
Thomas.Clausen@Polytechnique.edu

Juan-Antonio Cordero-Fuertes  
juan-antonio.cordero-fuertes@polytechnique.edu

### INF472D

#### Période 2

Virtually every time we interact with a computer program – on our computer, on our tablet, on our smartphones... on our SmartTVs, or our refrigerators... or, on our for some reason also connected toaster ovens – we’re in reality interacting with a distributed application.

The device we hold in our hands for sending an email (or, into which we slide our sliced toast...) will, at the very least, communicate with a server, somewhere out there in “*the cloud*” – and, most often, communicate with a whole host of servers, and computers... and does so across this thing called “*The Internet*”.

A corollary to this is, that every relevant modern application is a distributed application, which uses the Internet and the cloud – and, in a nutshell, the purpose of this MODAL is to teach you how to competently develop those applications.

Specifically, we will give a high-level view of “how the Internet works”: what is routing, and DNS? What is TCP/UDP/IP? What’s

a proxy? A switch? A router? What is an IP address? And what’s this thing called IPv6? With this baggage, we will work through a set of tutorials, introducing the (language) primitives for distributed systems developments – including interactions with (for example) web-servers, and with Twitter, as well as development of your own server applications... in fact, we will in one of those tutorials develop a on-line, multi-player, game.



We will offer these tutorials in C, as an example of (professional) programming language.



Once you’ve worked through the tutorials, you’ll be teaming up with your best buddy, and together put what you’ve learned to good use: you’ll work together on a project of your choosing – either, one defined by yourself, or one from among a catalogue proposed by your teachers. This may include topics such as collaborative software, multi-player games, a “social media aggregator” – or maybe even a network of annoying Twitter-bots, which will retweet and/or debunk the regurgitations of your favorite politicians... your imagination is (literally) the only limit...



Language:  
English and French

# MODAL

## Robots et Drones

David Filliat  
david.filliat@ensta-paristech.fr

Eric Goubault  
eric.goubault@polytechnique.edu

Sylvie Putot  
sylvie.putot@polytechnique.edu

Crazyflie 2.0



### INF472R

#### Période 2

Les robots sont des systèmes complexes comportant capteurs variés, des actionneurs et de nombreux algorithmes permettant de relier les uns aux autres afin d'interpréter l'environnement, de le modéliser, de planifier des déplacements ou de le manipuler. Développer des logiciels pour ces systèmes est donc difficile et des approches permettant de s'abstraire d'un matériel spécifique ou de réutiliser des composants existants sont développées pour simplifier cette tâche. Les algorithmes et leur preuves de bon fonctionnement, en présence des nombreuses incertitudes dues aux capteurs et aux actionneurs sont aussi un enjeu majeur dans le développement de drones.

Dans ce modal, nous verrons quelques bases de programmation (python, C++), les principes de base d'un middleware utilisé dans de nombreux laboratoires et industries (Robot Operating System, ROS), quelques notions de traitement d'images, de traitement de nuages de points 3D, de contrôle, cartographie, planification et de navigation pour la robotique, ainsi que des biblio-

thèques open-source associées (OpenCV, PCL) et de méthodes de simulation garantie permettant de s'assurer du bon fonctionnement des algorithmes choisis.

Différentes plateformes robotiques (drones quadri rotors, robots mobiles à roues, bateaux autonomes, robots humanoïdes) et différents capteurs (caméras RGB, caméras de profondeur, télémètres laser) seront mis à disposition pour développer des projets.

Nous commencerons en particulier par apprendre ROS (Robotic Operating System), le mettre en oeuvre sur de simples robots à roue (Turtlebot), afin d'apprendre les bases du contrôle, de la planification de trajectoire et de la localisation. Le coeur du cours utilisera la plateforme fltenth, une voiture autonome de course au format 1/10 (kit fourni correspondant à celui de <http://fltenth.org>). Les élèves sont encouragés à participer aux compétitions internationales correspondantes. On introduira aussi rapidement une plateforme aérienne (Crazyflie 2.0) et une, marine (DDboat), pour expérimenter d'autres types de contrôle et de robots, et éventuellement être la base de projets étudiants.



Turtlebot



DDboat



Fltenth

# MODAL

## Competitive programming in C++

Pierre Lairez  
pierre.lairez@inria.fr

Elias Tsigaridas  
elias.tsigaridas@inria.fr

### INF473A

#### Période 3

The primary goal of the MODAL is to present a variety of tools and methods to design algorithms for various problems and to demonstrate programming techniques for their efficient implementation. We focus on problems commonly appearing in programming contests and in technical job interviews. The course covers, among others, algorithms for arithmetic operations, greedy algorithms, dynamic programming, (basic)

graph algorithms, (exhaustive) search, and string manipulation.

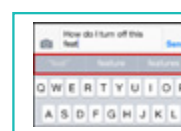
We focus on the C++ language, no prior knowledge is assumed. The secondary goal of the MODAL is the mastering of some of the fundamental aspects of the language.

The MODAL terminates with a AI competition on a game like Othello.

Prerequisites: INF411 or INF421



Can you tell if this structure is stable?



What data structure would you use for your phone's predictive text input?



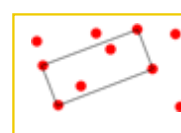
Do you know how to find the largest monochromatic rectangle in a black-and-white image in linear time?



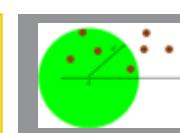
Given a map of the underground, would you know how to find the fastest way to get from A to B with at most two changes on the way?



What's the fastest way to recompute values in a spreadsheet after the user changes a single cell, detecting a possible circular reference?



Given n points on the plane, can you count how many rectangles they form... in  $O(n^2)$  time?



Given the coordinates of n islands and a transmission range d, can you place the minimum number of antennas along a straight shoreline to cover all islands... in  $O(n \log n)$  time?

# MODAL

## Fouille, apprentissage et raisonnement sur les graphes du Web

Oana Balalau  
oana.balalau@polytechnique.edu

Pierre Bourhis  
pierre.bourhis@univ-lille1.fr

### INF473G

#### Période 3

Le Web regorge de sources de données que l'on souhaite manipuler à grande échelle. L'approche actuelle est de représenter ces données sous la forme d'un graphe de données ou de connaissance; par exemple les données ouvertes et connectées (open data), les réseaux sociaux, des encyclopedies en lignes.

Cette approche est même présente dans les grandes industries du Web, Alphabet (dans Google) et Meta (Facebook)

L'avantage des graphes de connaissances est de pouvoir les interroger à l'aide de langages logiques mais aussi de pouvoir apprendre des propriétés structurelles sur ceux-ci.

Si les graphes de connaissances sont des outils très importants pour la gestion de données sur le Web, toutes les données sur le Web ne sont pas éditées dans un tel model. Il est alors néces-

saire de fouiller et d'apprendre dans les textes et autres contenus moins structurés pour construire de nouveaux graphes.

Ce cours introduit les différentes grandes étapes qu'un ingénieur en data science a besoin d'opérer pour extraire des connaissances de grand volumes de données.

Il vous familiarisera avec des outils concrets pour:

- Manipuler et visualiser des graphes.
- Classification des noeuds et des sous-graphes à l'aide des graph embeddings.
- Raisonner dans des graphes de connaissances, utilisant les technologies du Web Sémantique.
- Tisser des graphes de connexions entre des textes et des concepts, à l'aide de la sémantique
- Fouiller des données textuelles

Les 6 premières séances seront destinées à la présentation des concepts et outils, puis vous réaliserez des projets en binôme.

Prérequis: INF321 ou INF411



# MODAL

## Conception et développement d'un jeu vidéo

Raphael Granier de Cassagnac  
raphael@sciencexgames.fr

Damien Rohmer  
damien.rohmer@polytechnique.edu

### INF473J

#### Période 3 Objectif

Ce modal propose une initiation au domaine professionnel du jeu vidéo, et permet, en particulier, d'acquérir les notions fondamentales permettant la conception et de développement informatique d'un jeu vidéo en 2D et 3D. Les notions théoriques vues en cours seront mises en pratique par le biais de projets de développement encadrés d'un jeu vidéo complet.

#### Projets

Les jeux vidéo sont développés, par petits groupes d'étudiants, sur la plateforme Unity, et à l'aide de scripts C#. Une initiation à Unity fait partie intégrante du modal.



#### Encadrement

L'équipe enseignante est constituée par les membres du gamelab de la chaire « Science et Jeu vidéo » entre l'École polytechnique et la société Ubisoft. Les interventions en cours sont réalisées par plusieurs professionnels expérimentés dans le développement du jeu vidéo, en fonction des thèmes des séances, et font intervenir, en fin de modal, des professionnels de l'industrie. Les travaux dirigés sont encadrés par l'ensemble des membres du gamelab.



#### Thèmes abordés

game design; programmation unity et C#; graphisme et son; expérience et test utilisateur...

Prérequis: Programmation orientée objet (ex. INF411 ou INF371).



# MODAL

## Deep Learning in Computer Vision

Vicky Kalogeiton  
vicky.kalogeiton@polytechnique.edu

Maks Ovsjanikov  
maks@lix.polytechnique.fr

Pascal Vanier  
pascal.vanier@unicaen.fr

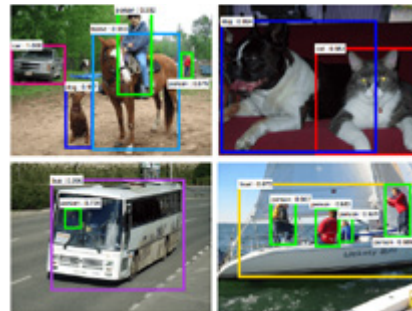
### INF473V

#### Période 3

Ce modal a pour le but d'introduire les élèves aux méthodes récentes pour l'analyse et le traitement des images, basées sur avec les réseaux de neurones artificiels et plus particulièrement les réseaux neuronaux convolutifs (Convolutional Neural Networks, ou des CNNs). Ces méthodes ont vu une croissance extraordinaire au cours des dernières années et ont contribué largement à des avancés dans la résolution des problèmes aussi diverses que: classification, segmentation et comparaison des images, détection et reconnaissance des objets et des personnes (par ex. visages), analyse des vidéos, détection des anomalies, super-résolution et analyse de style dans les images, parmi d'innombrables autres.

Le modal va introduire les concepts principaux utilisés dans ces méthodes, et se concentrer sur les aspects pratiques de leur mise en œuvre, y compris:

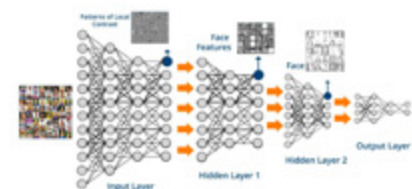
1. Le choix de l'architecture pour les CNNs
2. Les aspects d'entraînement tel que le back-propagation et stochastic gradient descent.
3. L'entraînement des CNNs sur les cartes graphiques



4. L'exploitation efficace des modèles entraînés.

Le but final est d'élaborer un projet dans un groupe de 2-3 élèves, dans lequel les connaissances acquises pendant les cours et les TDs seront utilisées pour résoudre un problème pratique à moyenne ou grande échelle. Les idées des projets possibles sont: colorisation automatique des images, reconnaissance des émotions dans les photos, motion tracking dans les vidéos, etc.

**Note:** La plupart des cours (amphis) seront en anglais.



# MODAL

## Cybersecurity

*The Hacker eXperience*

Thomas Clausen  
anonymous@master-acn.fr



Juan-Antonio Cordero-Fuertes  
juan-antonio.cordero-fuertes@polytechnique.edu

### INF473X

#### Période 3



*As anybody, familiar with 1970s sitcoms would know, Mel, the cook on Alice used to say: "the best defense is a good offense".*

In cybersecurity, this translates into the realization that the best network/systems/security administrator is someone, who's (i) well versed as a hacker and (ii) has somehow managed to stay out of jail.

This MODAL will initiate you to the first: exercising your skills as a hacker.

This tutorial-based, and very hands-on, MODAL is individualized, able to accommodate you regardless of your previous experiences: whether you are a novice, a seasoned programmer, or Chief Resident Hacker from the BR, this MODAL will be for you.

In this MODAL, each student will, with help from the teaching team, select tutorials that "fits" her or his level of experience, and will, in working through them, **attack real, professional-grade IT Systems.**



From among the attacks that can be studied and exercised in this MODAL are:

- DNS Hi-jacking
- DNS Cache Poisoning
- TCP Connection hi-jacking and redirection
- SQL Injection Attacks
- Infrastructure Degradation ("How to transform a switch")
- DHCP Deformation
- ...

