

Pour un enseignement renouvelé en Sciences Analytiques face aux défis du 21^{ème} siècle

Jérôme Randon

randon@univ-lyon1.fr

Institut des Sciences Analytiques

Master Analyse et Contrôle

Université Claude Bernard Lyon 1

L'Institut des Sciences Analytiques

<http://www.isa-lyon.fr>

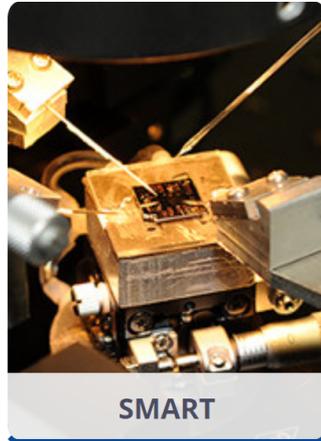
Multidimensional approaches for complex samples



MDMC

- Biological Analysis by Mass Spectrometry
- Chromatography & Hyphenated Techniques
- Isotopic & organic
- Natural & Bio-based Products
- Plasma spectroscopies, hyphenated methods & speciation
- Technology and Research in Analytical Chemistry for Environment, health and their interactions

Surface and Miniaturisation for Analytical Research And Technology



SMART

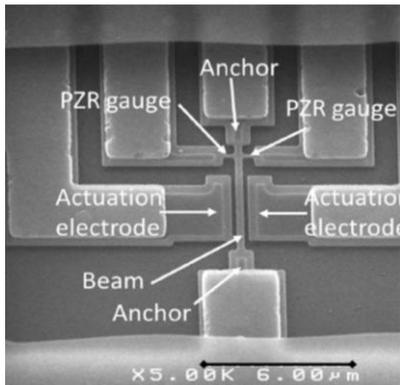
- Interfaces & Biosensors
- Micro & Nanobiotechnology
- Separative Methods
- Surfaces

Theoretical and experimental approaches for molecular interactions

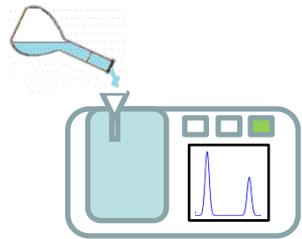


ATHEXIM

- Biomolecular Interactions
- Biophysics of complex systems
- Chemometrics and Theoretical Chemistry



Plusieurs façons d'implémenter une analyse



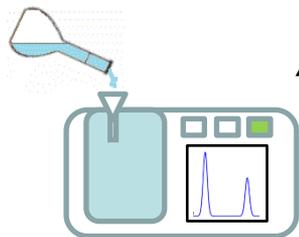
Analyse en
laboratoire



Transport et
stockage



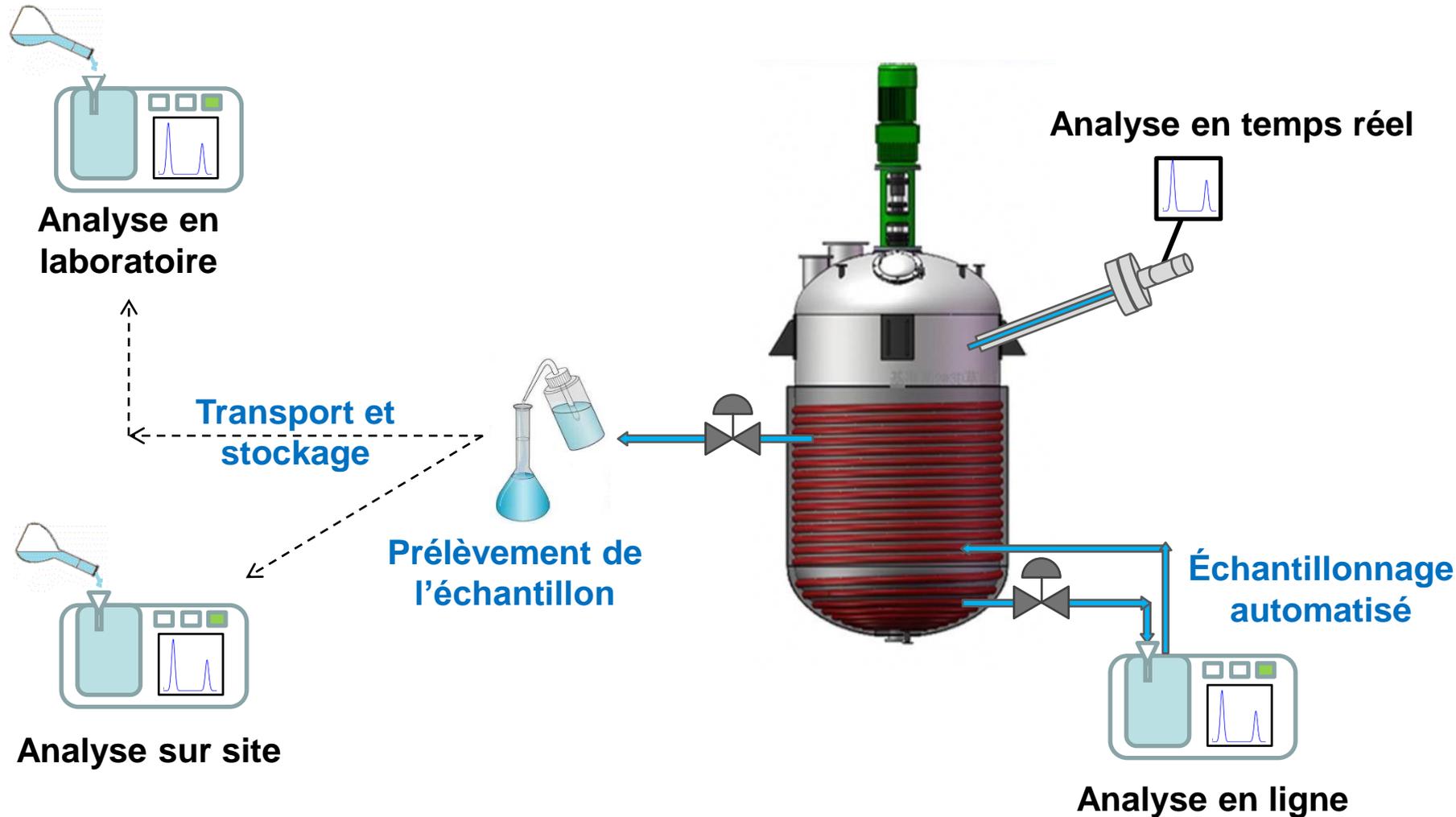
Prélèvement de
l'échantillon



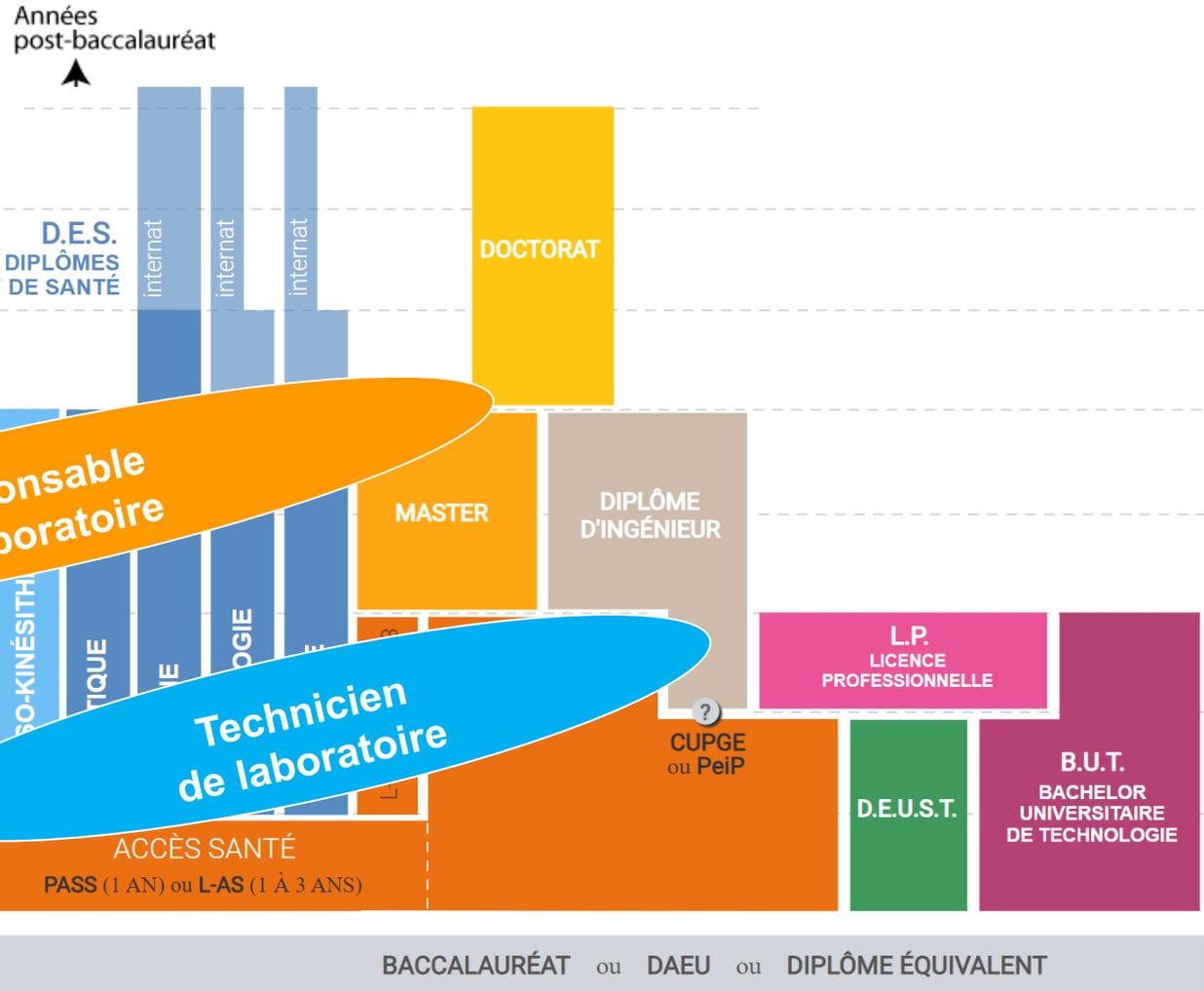
Analyse sur site



Plusieurs façons d'implémenter une analyse



Formations et fonctions dans l'entreprise



Définir, mettre en oeuvre et contrôler la réalisation des analyses physico-chimiques en pilotant les activités et les ressources de son unité

Réaliser et optimiser des essais, des tests et des analyses

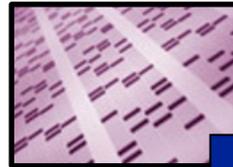
Le Master Analyse et Contrôle

M1 commun



M2

Analyse physico-chimique



M2

Criminalistique



M2

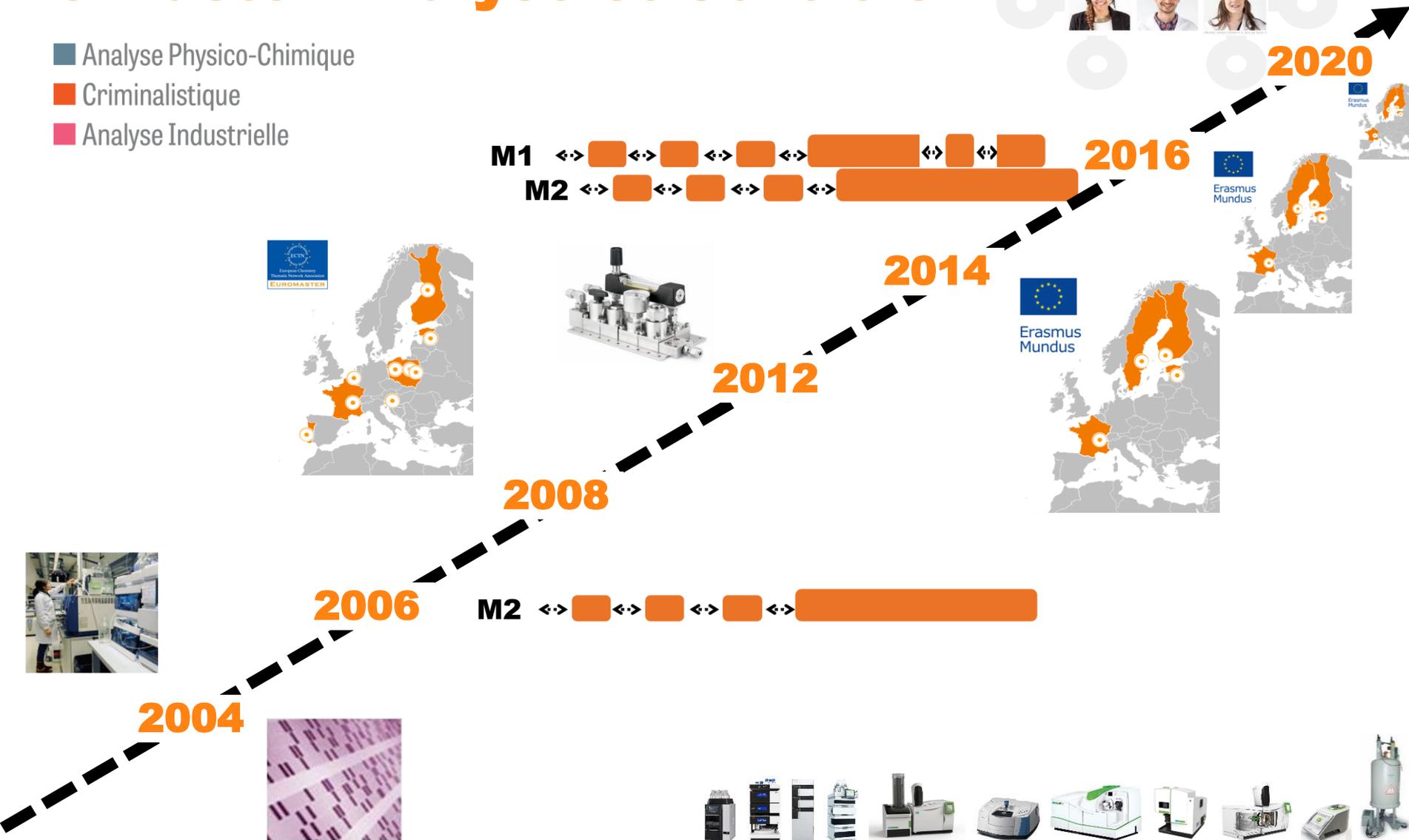
Analyse industrielle
Analyse en ligne



Erasmus
Mundus

Le Master Analyse et Contrôle

- Analyse Physico-Chimique
- Criminalistique
- Analyse Industrielle

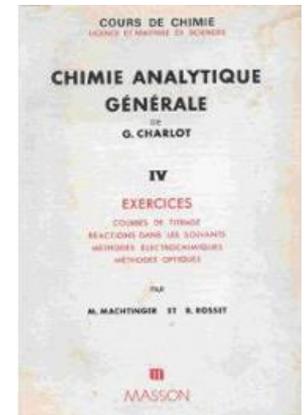
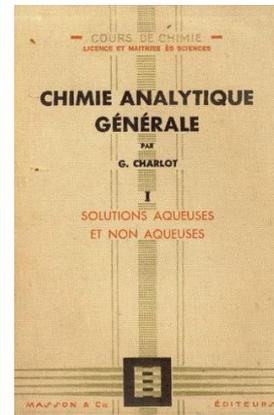


D'un 20^{ème} siècle de chimie analytique...



Formalisation de la chimie des solutions

Gaston Charlot 1904-1994



D'un 20^{ème} siècle de chimie analytique...



...à un 21^{ème} siècle de sciences analytiques



De l'instrumentation ultra-performante



RMN



MS



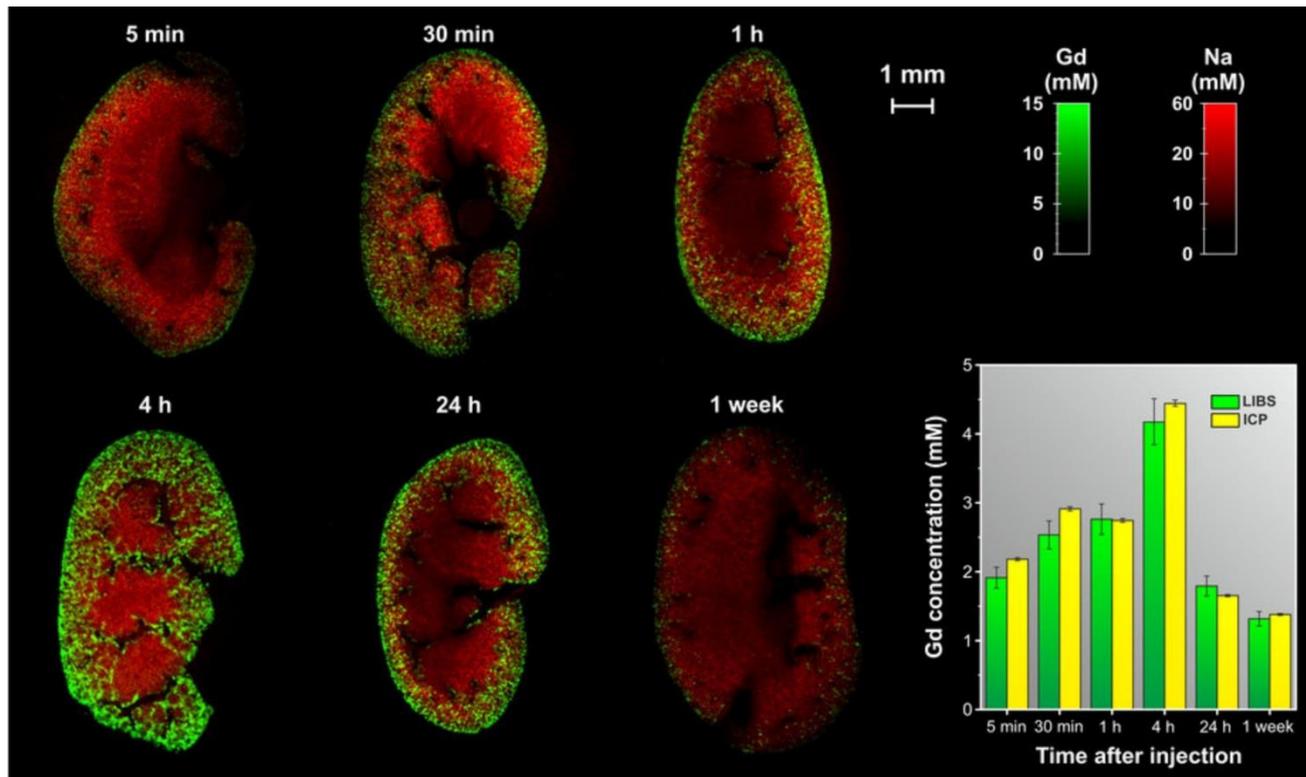
ICP

Des outils analytiques démocratisés



Le développement de l'imagerie

Analyse LIBS : Cinétique d'élimination rénale d'un médicament à base de nanoparticules (Gd) dans un rein de souris

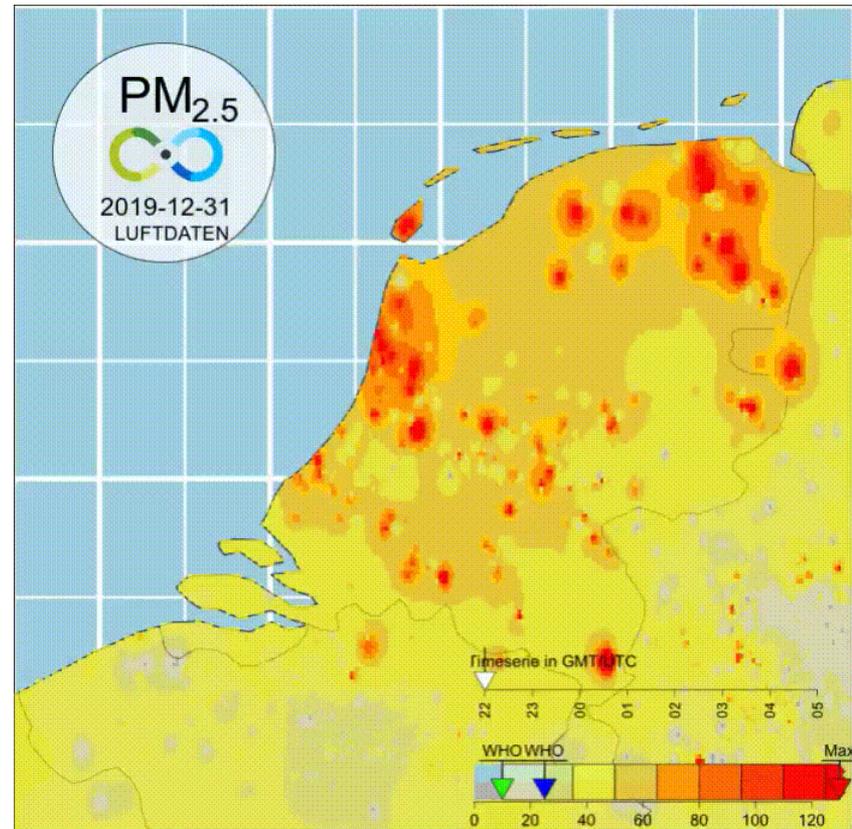


De l'image à la vidéo

Particules 2,5 μm

Belgique
Allemagne
Pays-bas

Bonne année 2020 !



<https://twitter.com/Scapeler/status/1213853893710557185>

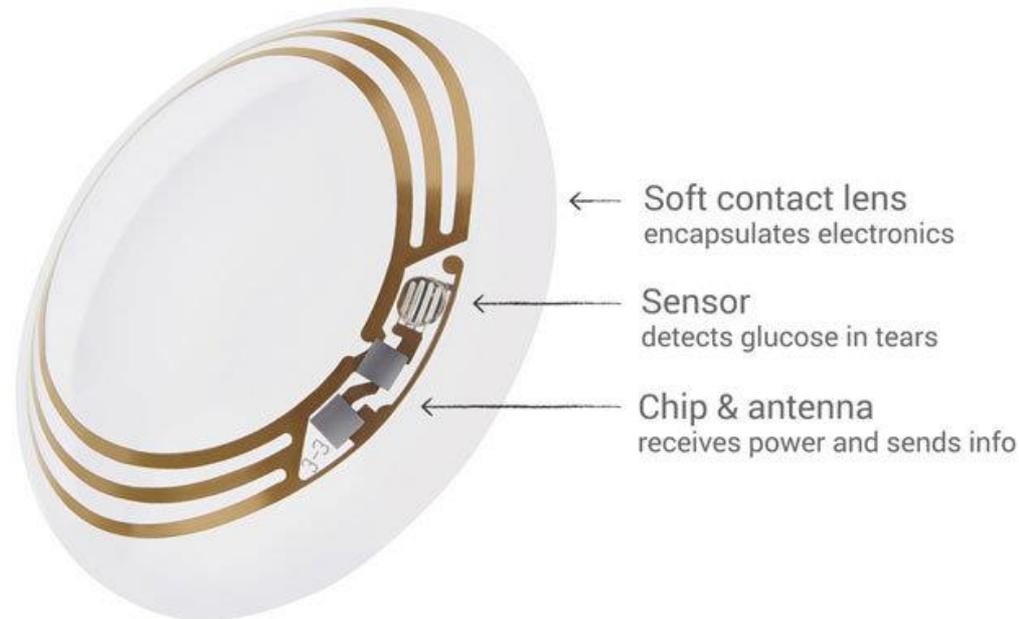
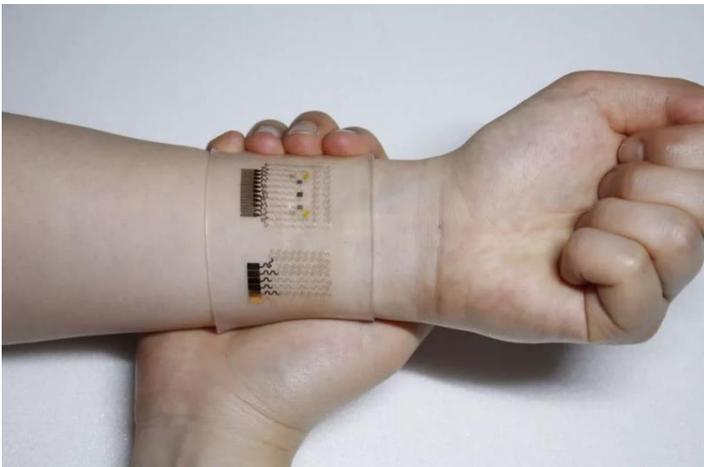
Des systèmes miniaturisés

Evolution des outils de mesure de glycémie (diabète)



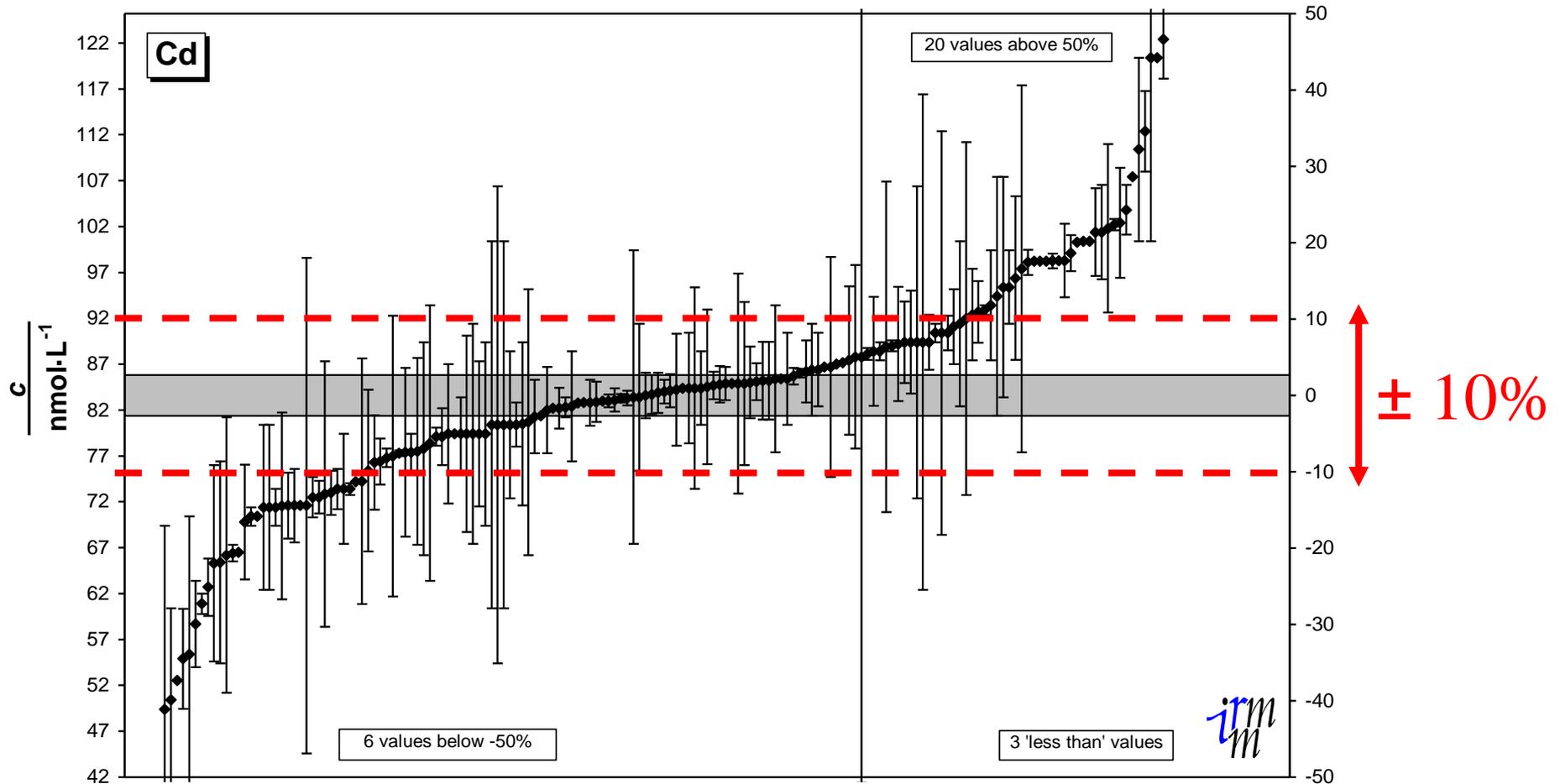
Des systèmes miniaturisés

Evolution des outils de mesure de glycémie (diabète)



Evaluer la performance (justesse et fidélité)

Certified range ($\pm U=2u_c$): 81.0 - 85.4 nmol·L⁻¹



Results from all laboratories.

Comment garantir un résultat de qualité ?



Nécessité de formation

Programmes nationaux - Programmes européens

Un risque majeur lié à l'instrumentation



Les instruments ne peuvent plus être aisément démontés

Les logiciels intégrés ne rendent pas explicites les opérations réalisées.

Un dramatique effet « **boite noire** »

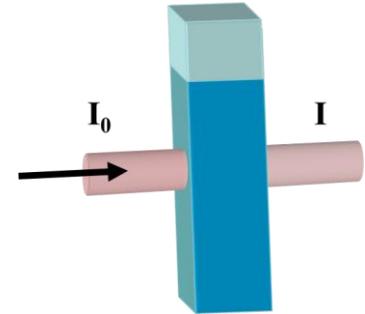
Une moins bonne connaissance du fonctionnement des instruments

Quelques obstacles didactiques

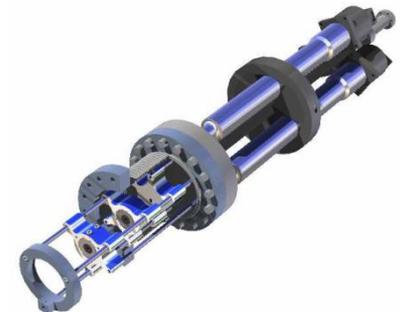
Etalonnage d'un pH-mètre



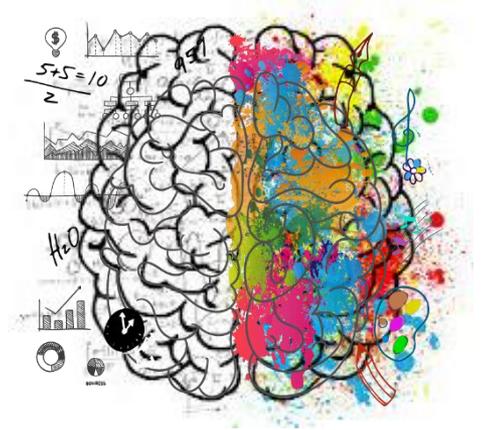
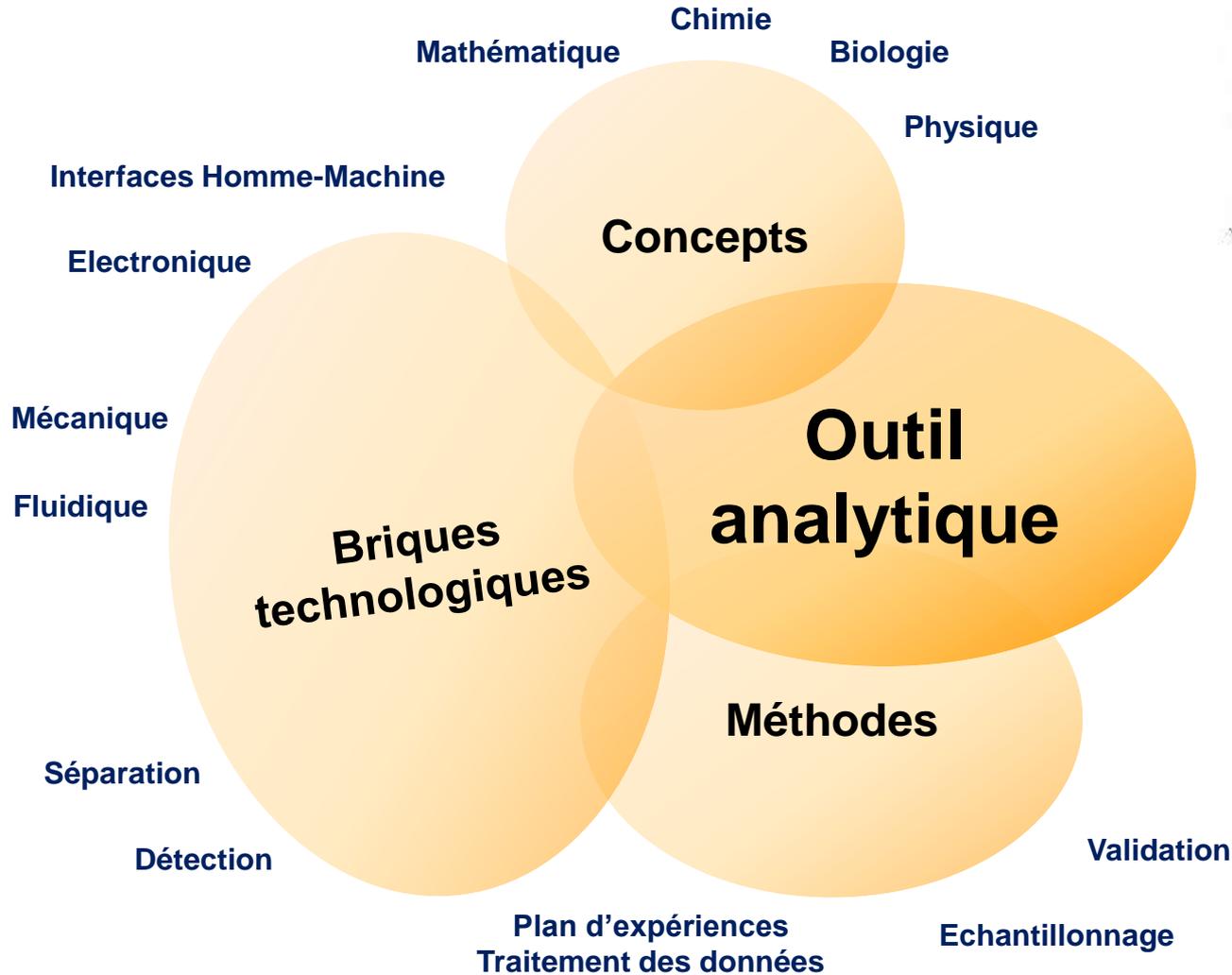
Principe de fonctionnement d'un colorimètre



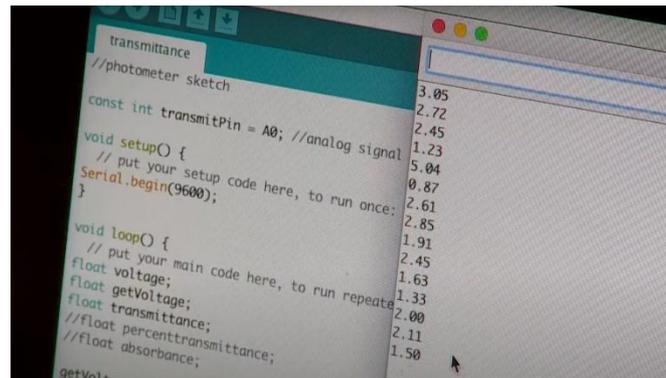
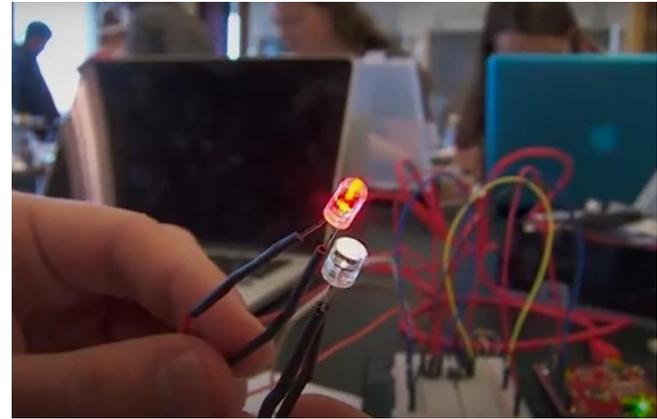
Fonctionnement d'un analyseur MS SQ - TQ - TOF



Une vision systémique



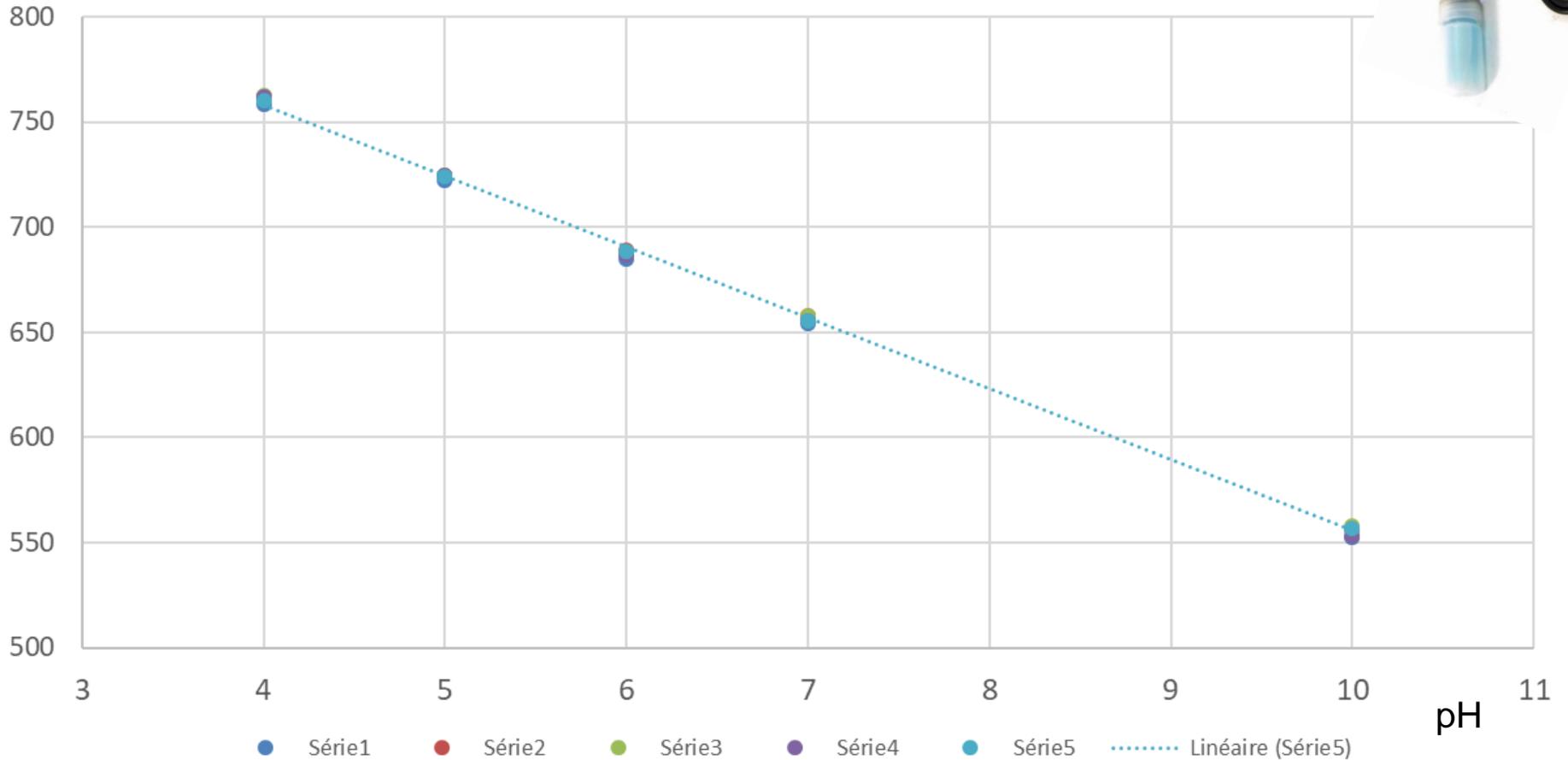
Apprendre par la création d'instruments



Développer un pHmètre



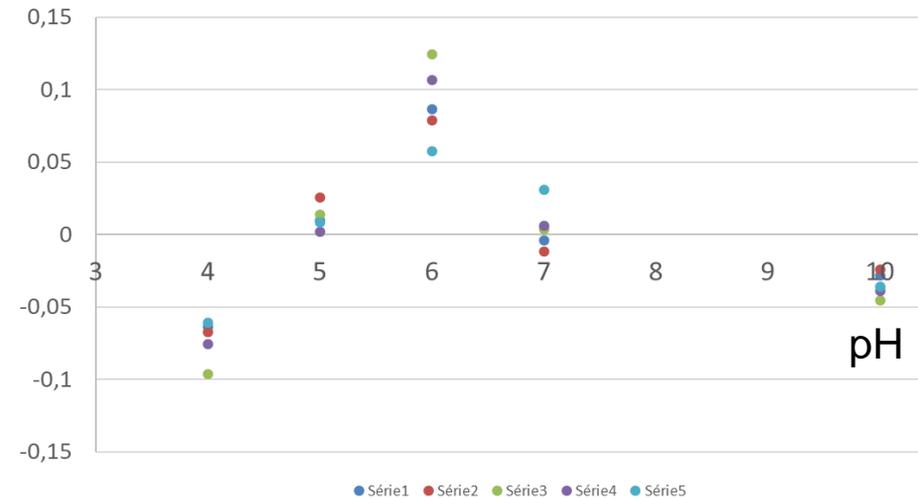
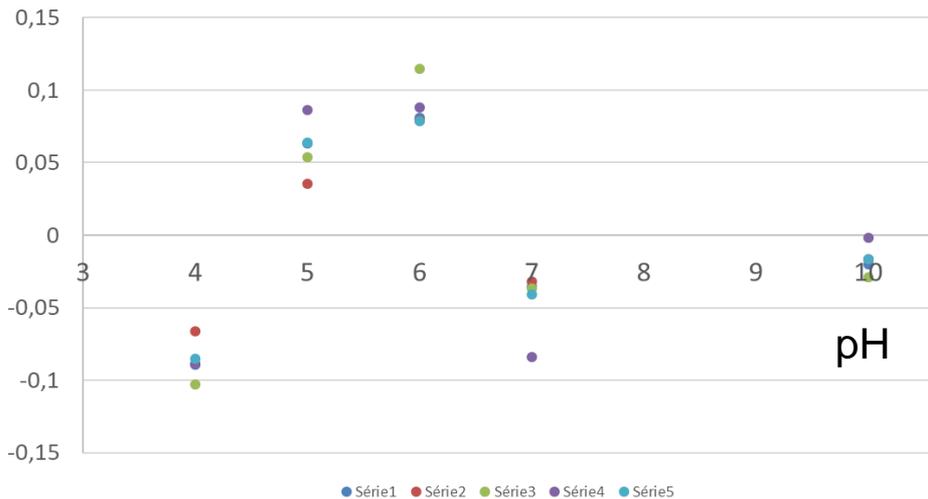
Signal (UA)



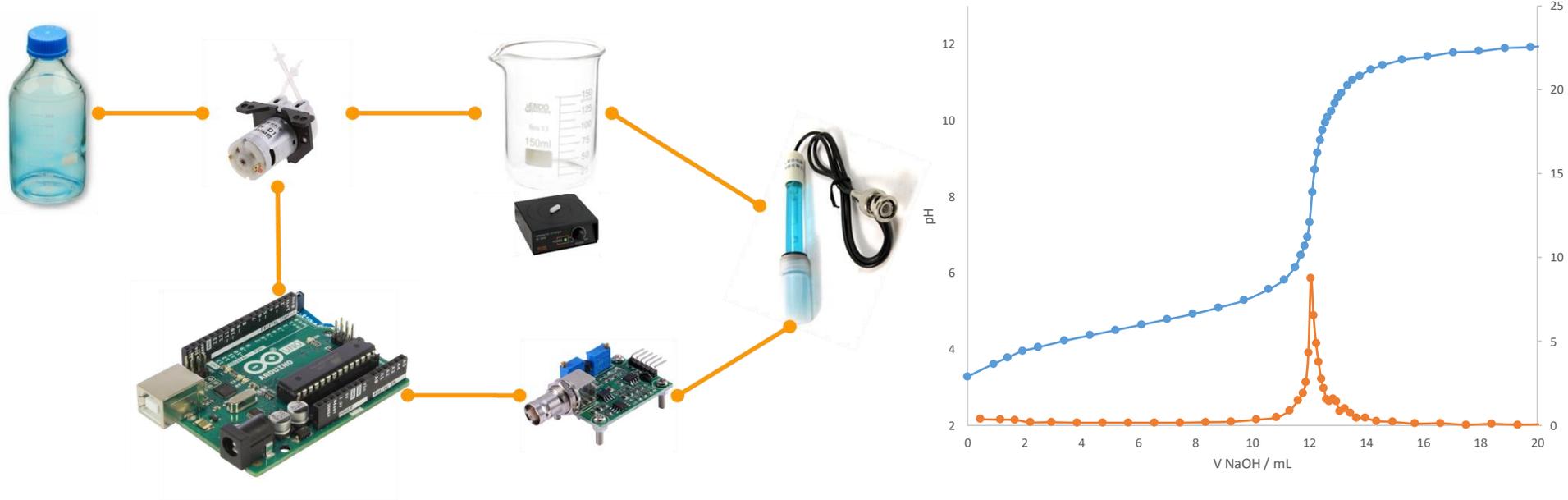
Comparaison pH-mètres



Biais absolu sur le pH



Développer un titrateur automatique



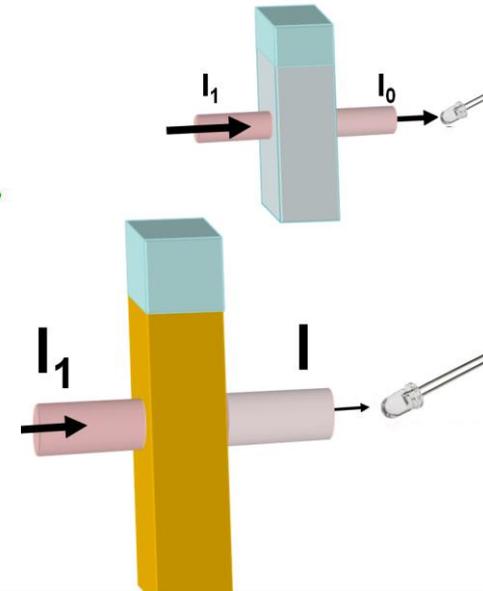
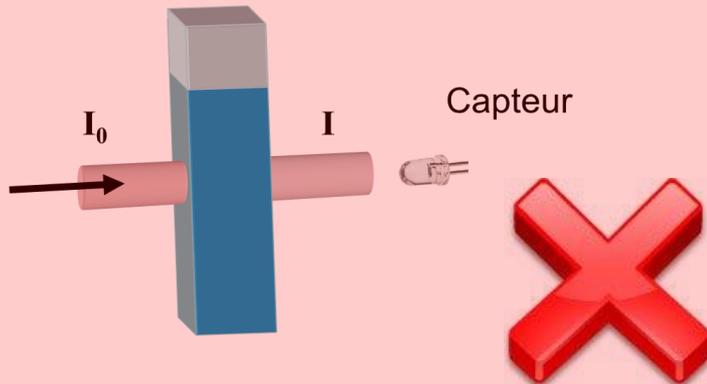
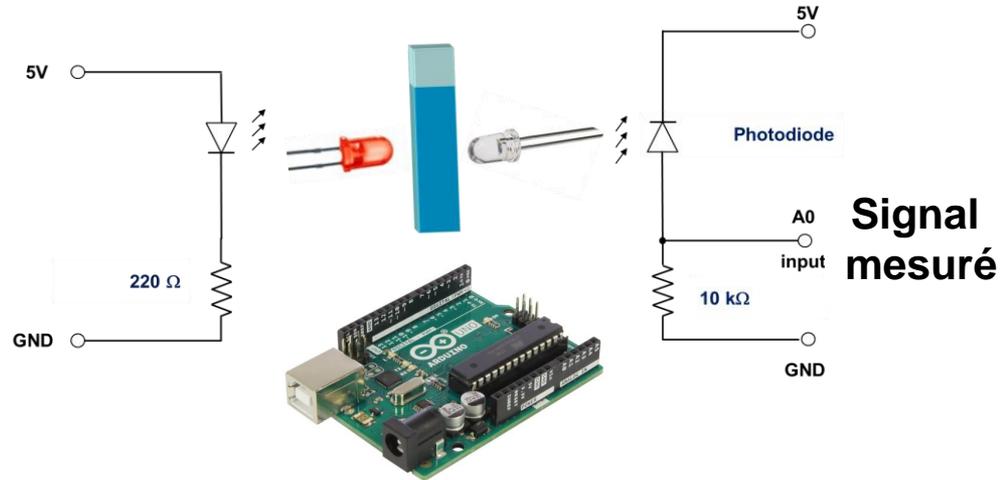
Dosage d'une solution d'acide éthanoïque par une solution de soude

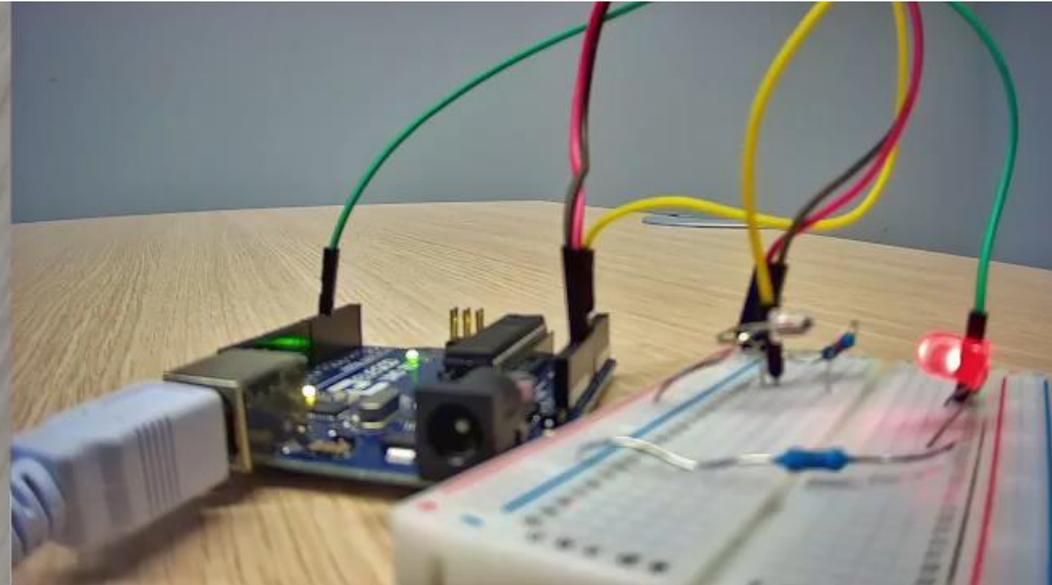
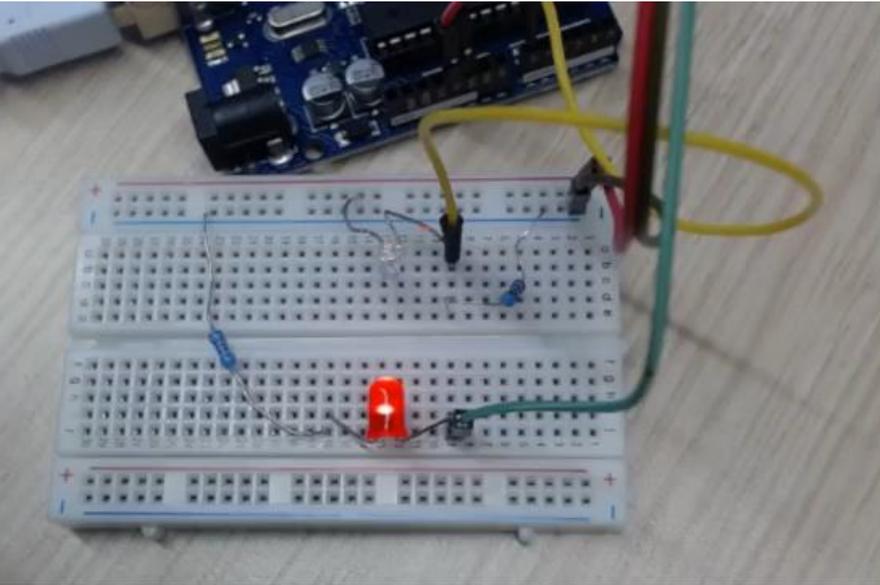
$$C_{\text{CH}_3\text{COOH}} = 0,1257 \pm 0,0031 / \text{mol.L}^{-1} \quad (n=5 \quad k=2,78)$$

Intervalle de confiance sur la concentration : $\pm 2,5\%$

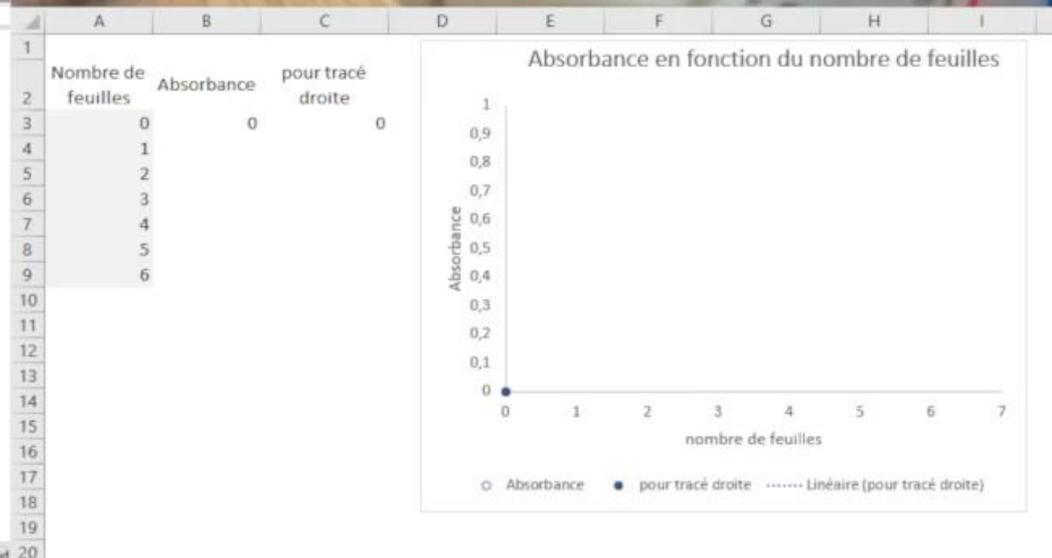
Développer un colorimètre

$$A = \log \frac{I_0}{I}$$



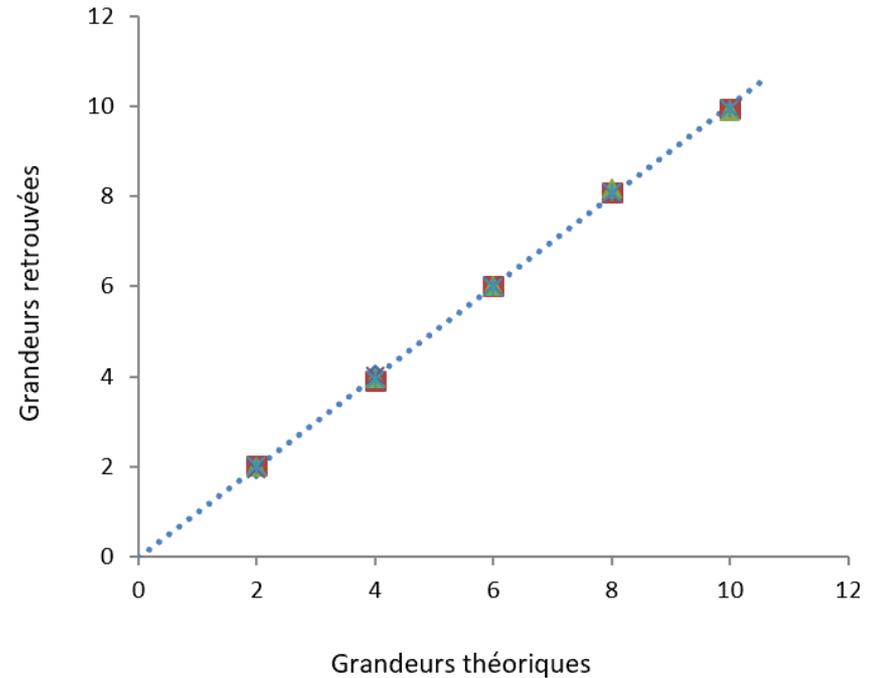
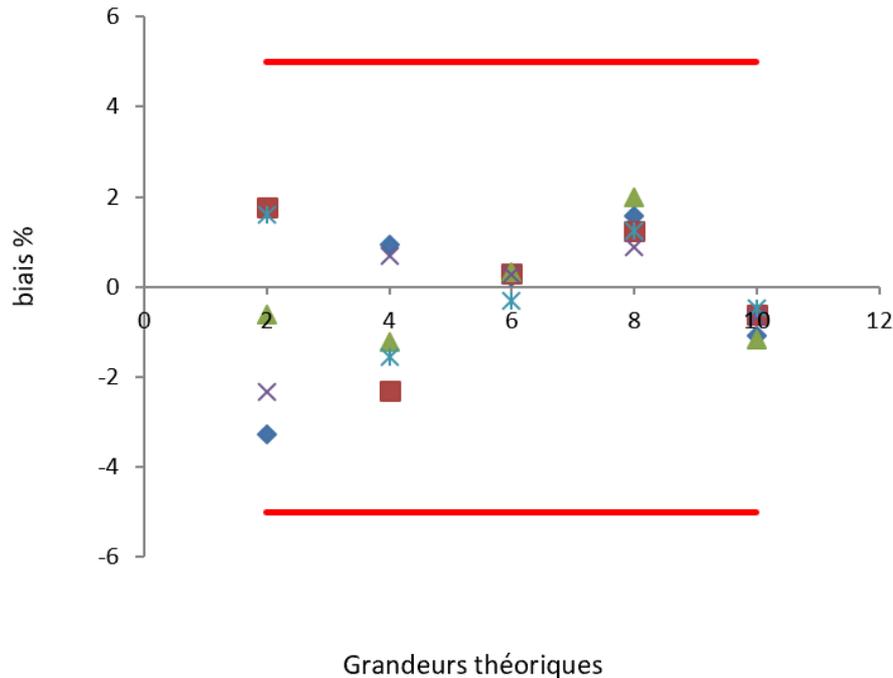
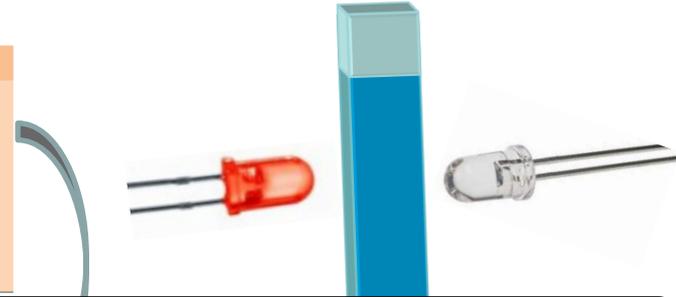


```
847.00 - 125.00 = 717.31 >>> Abs = -0.157
848.00 - 124.00 = 722.16 >>> Abs = -0.160
```



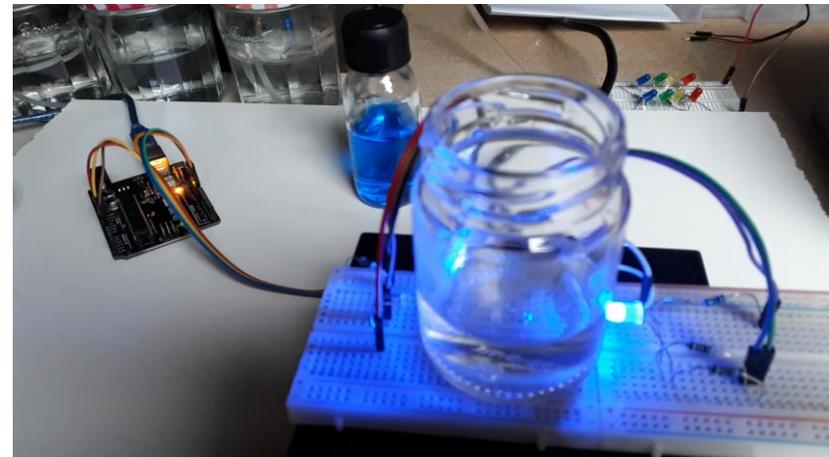
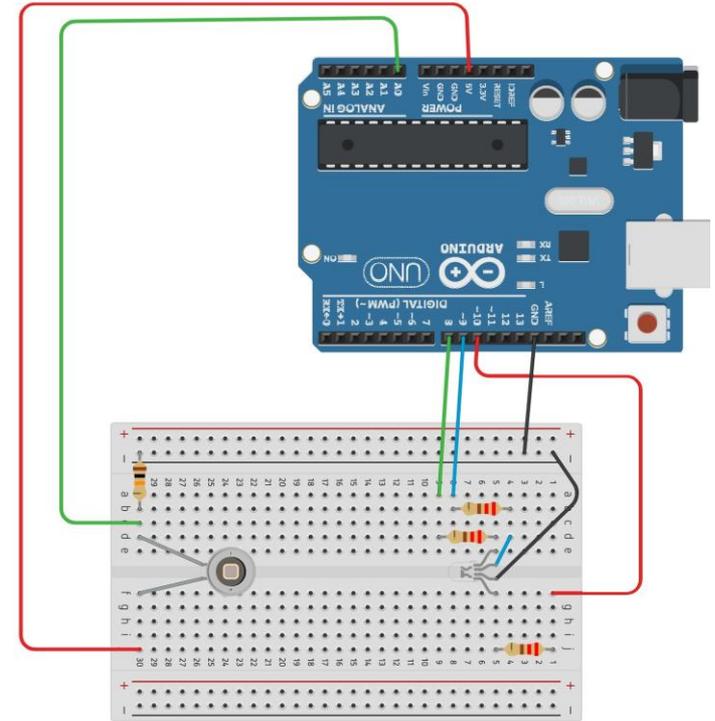
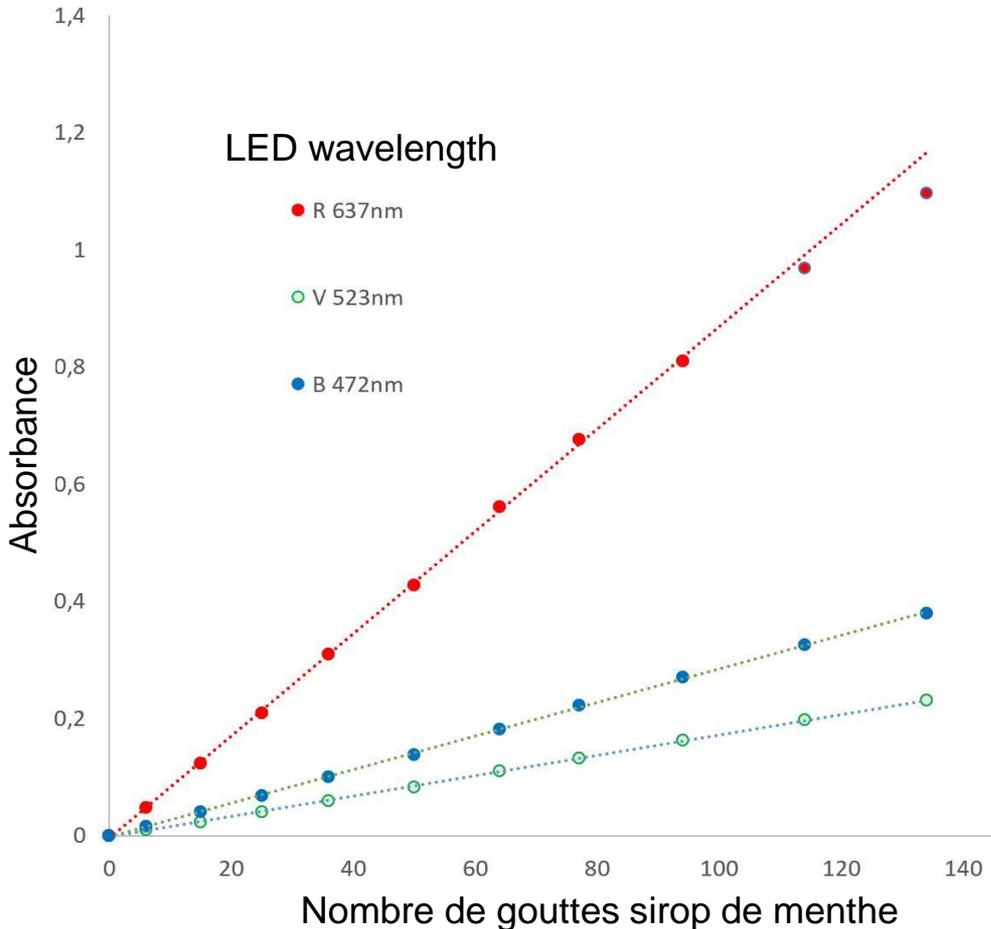
Colorimètre : validation NF 90-210

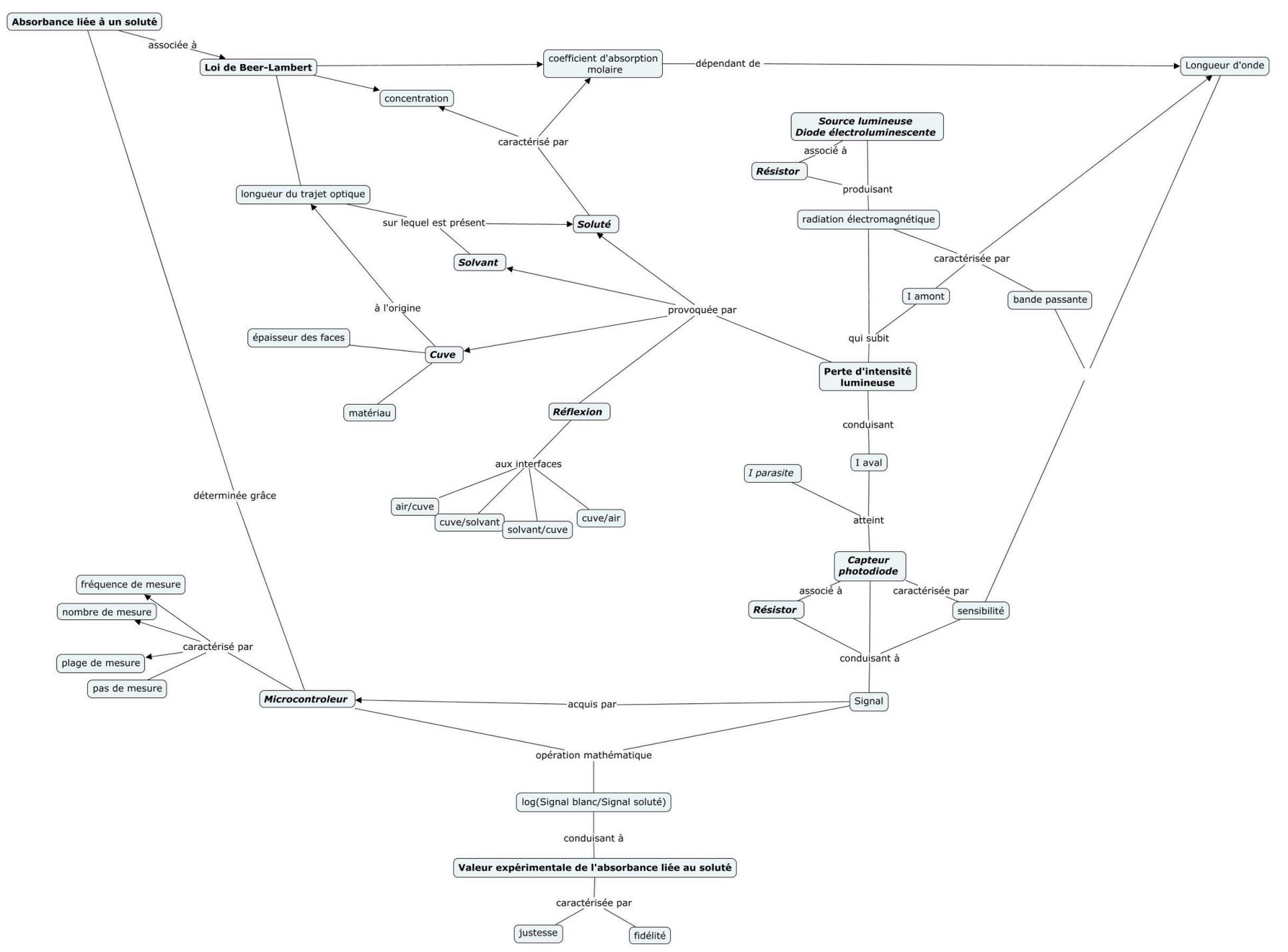
	2	4	6	8	10
S1	99	298	485	685	852
S2	108	288	491	691	868
S3	104	292	490	695	860
S4	103	299	487	681	857
S5	112	292	485	685	860



Colorimétrie

Absorbance et colorants

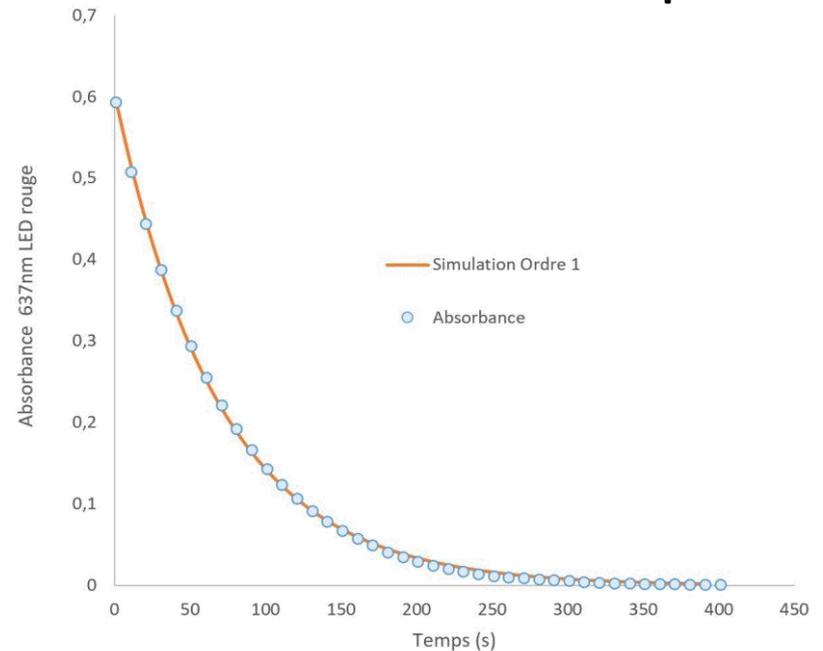




Cinétique

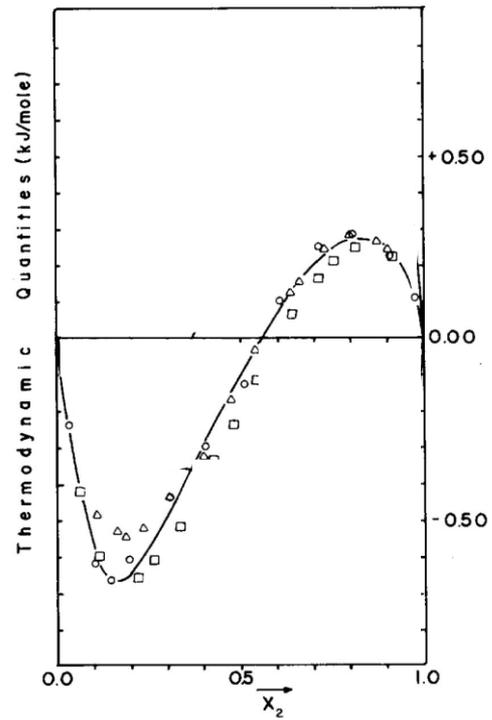
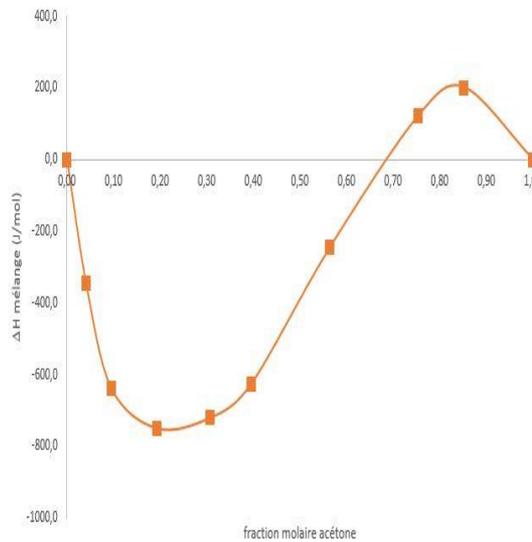


Des données au
modèle cinétique



Thermodynamique

Changement de température lors d'un mélange



Enthalpy, free energy and entropy of mixing
for the acetone-water system



Ethylomètre, un outil simple... pas si simple



Alcool $\geq 0,8\text{g/L}$ dans le sang  LegiPermis
www.legipermis.com

soit Alcool $\geq 0,4\text{mg/l}$ dans l'air expiré

Suspension du Permis
ou pose EAD obligatoire (2019)

Amende max
4 500€

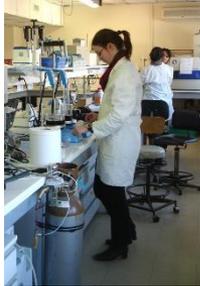


Une pédagogie active et efficiente

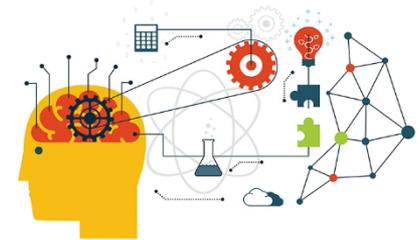
- ✓ Matériel à très bas coût
- ✓ Signal mesuré, conversion analogique/numérique, bruit, traitement du signal, transmission des données
- ✓ Etalonnage, validation de méthode, robustesse
- ✓ Automatisation, régulation, analyse en ligne
- ✓ Etudiant acteur dans sa formation
- ✓ Groupes projets pluridisciplinaires



Progression dans les pratiques



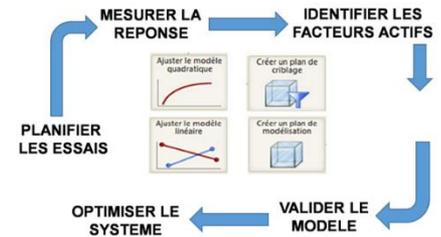
Faire de la recherche



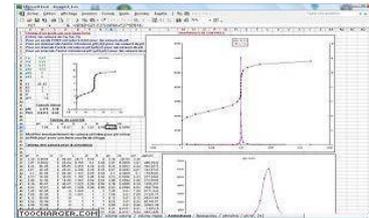
(situation non familière)

Planifier, réaliser, exploiter

(situation familière)



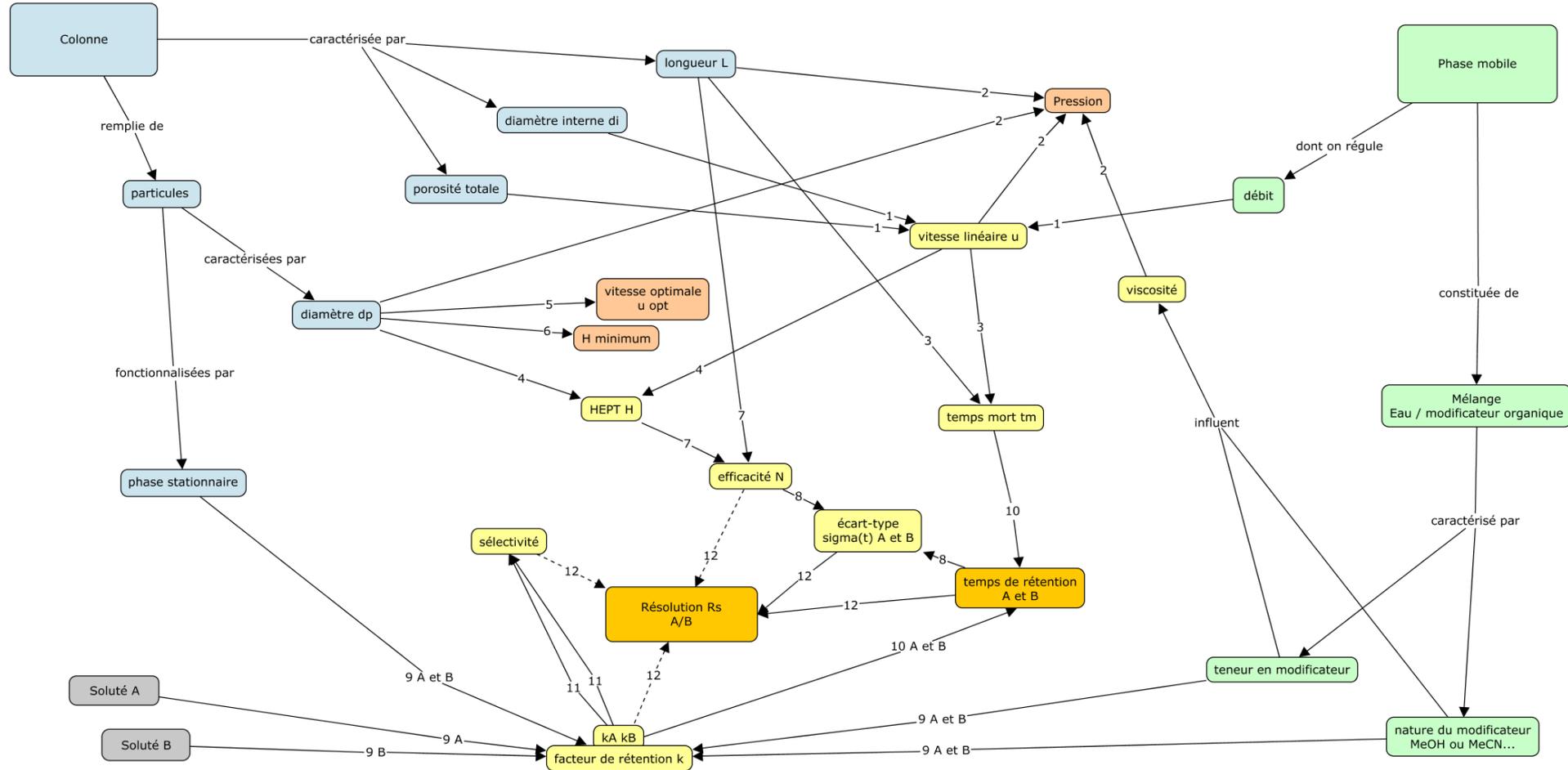
Explorer les modèles



Suivre des procédures



Identifier les chaines de conséquences



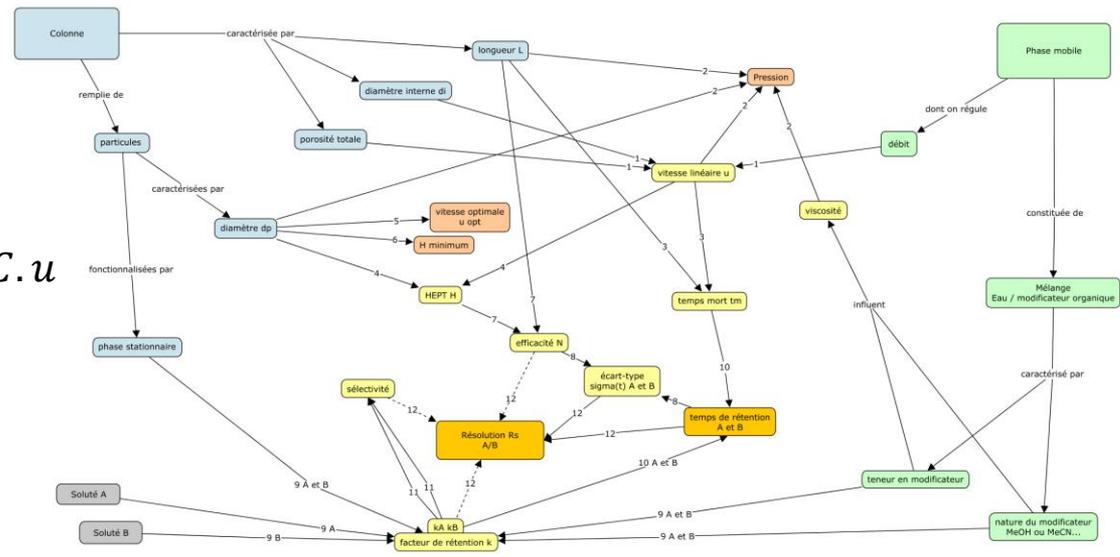
Identifier les chaines de conséquences

5 $u_{opt} \approx 5 \cdot \frac{D_m}{d_p}$

$D_m \approx 10 \cdot 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{s}$

6 $H_{min} \approx 3 \cdot d_p$

2 $\Delta P = Cte \cdot \frac{\eta \cdot L \cdot u}{d_p^2}$



1 $u = \frac{D}{\pi \cdot d_i^2 \cdot \epsilon} \cdot \frac{\epsilon}{4}$

3 $t_m = \frac{L}{u}$

4 $H = A + \frac{B}{u} + C \cdot u$
 avec $C = f(d_p^2)$

7 $N = \frac{L}{H}$

10 A et B $t_{r,i} = t_m(1 + k_i)$

8 $\sigma_{(t),i} = \frac{t_{r,i}}{\sqrt{N}}$

9 A et B $\ln(k_i) = \ln(k_{w,i}) - S_i \cdot \varphi_{modif}$

12 $RS = \frac{t_{r,2} - t_{r,1}}{2 \cdot (\sigma_1 + \sigma_2)} = \frac{\sqrt{N} \alpha - 1}{4} \frac{k_2}{\alpha (1 + k_2)}$

11 $\alpha = \frac{k_2}{k_1}$

Pour tout retrouver

<http://arduino-enseignement-chimie.univ-lyon1.fr/>



@RandonJerome

<https://new.societechimiquedefrance.fr/auteur/randon-jerome/>

l'actualité chimique

randon@univ-lyon1.fr

LE JOURNAL DE LA SOCIÉTÉ CHIMIQUE DE FRANCE

Pour un enseignement renouvelé en Sciences Analytiques face aux défis du 21^{ème} siècle

Jérôme Randon

randon@univ-lyon1.fr

Institut des Sciences Analytiques

Master Analyse et Contrôle

Université Claude Bernard Lyon 1

Enquêtes européennes



DOI: 10.1002/chem.201501364

CHEMISTRY
A European Journal
Guest Editorial

■ European Survey for Chemists

The Professional Status of European Chemists and Chemical Engineers

Reiner Salzer,^{*,[a]} Philip Taylor,^{*,[b]} Nineta H. Majcen,^[c] Francesco De Angelis,^[d]
Sophie Wilmet,^[e] Evangelia Varella,^[f] and Ioannis Kozaris^[f]

Chem. Eur. J. 2015, 21, 9921 – 9935



DOI: 10.1002/chem.201804764

CHEMISTRY
A European Journal
Guest Editorial

■ European Survey for Chemists

Employment and Careers of European Chemists (ESEC2)

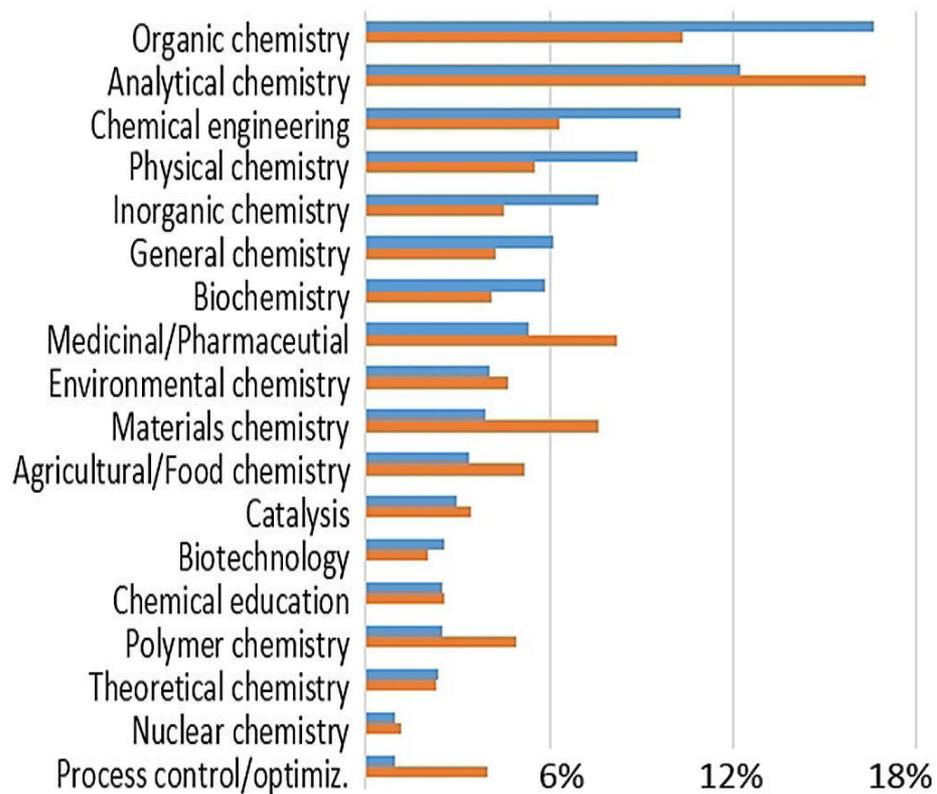
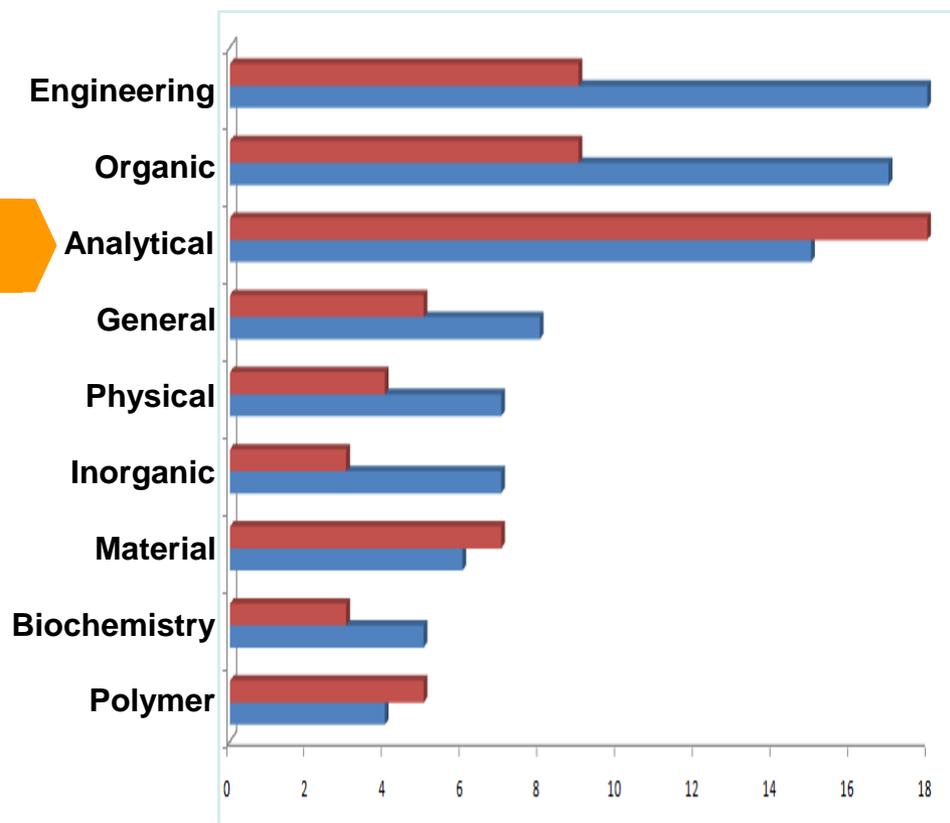
Reiner Salzer,^{*,[a]} David Cole-Hamilton,^[b] Nineta Hrastelj,^[c] and Bruno Vilela^[d]

Chem. Eur. J. 2018, 24, 17370– 17388

Enquêtes européennes

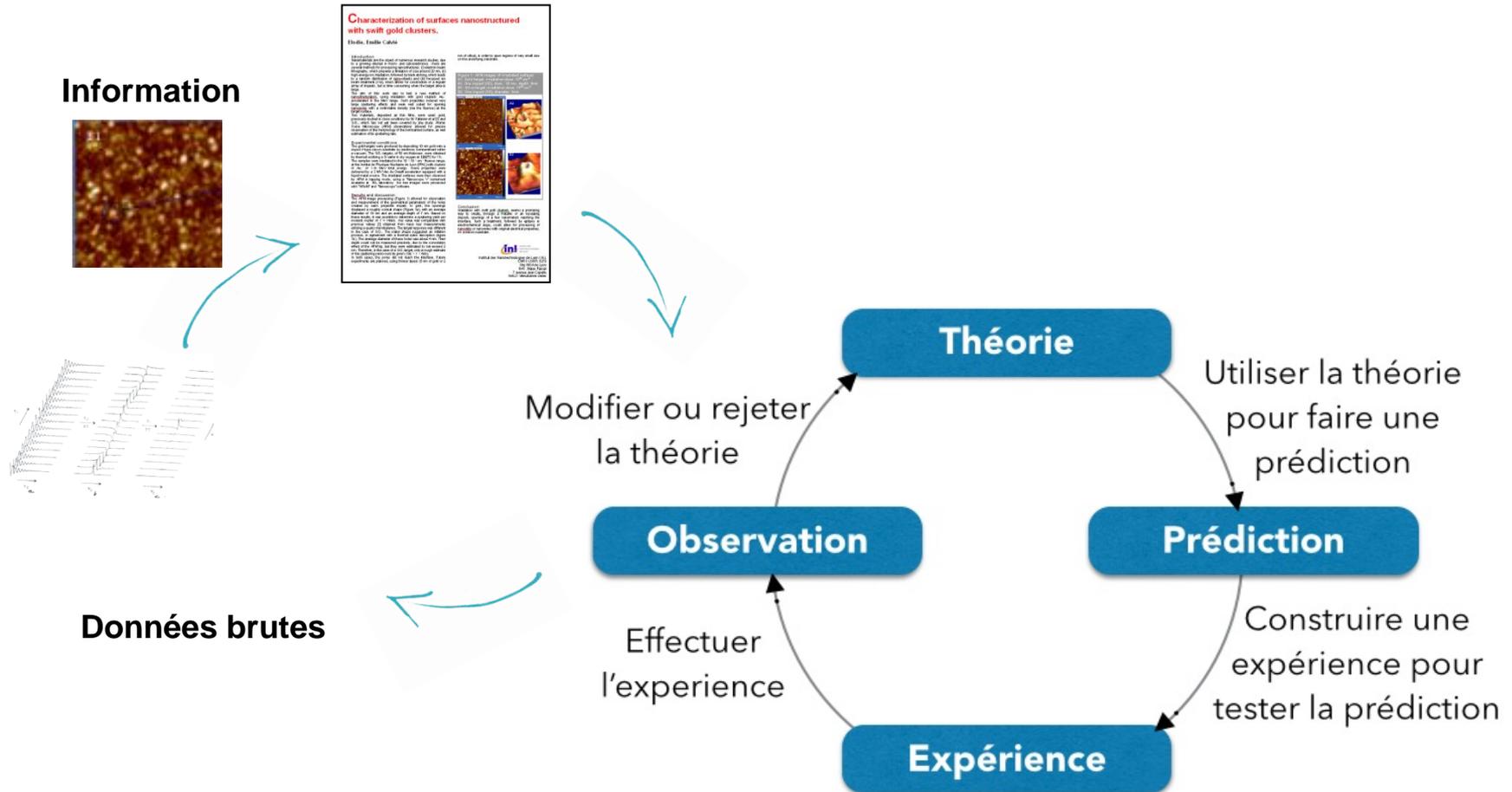
1) I graduated in...

2) My current job is dominated by...



Le rôle clef de la mesure et l'analyse

Bloc de connaissances



Fournir l'information pertinente - Chimie

Recherche

Compréhension

Screening

Informations
nombreuses



Développement

Modélisation

Identification des
paramètres critiques

Réduction des
paramètres



Production

Pilotage

Règlementation
Sécurité- Qualité

Information ciblée



Fournir l'information pertinente - Environnement

Recherche

Compréhension

Screening

Informations
nombreuses

Développement

Modélisation

Identification des
paramètres critiques

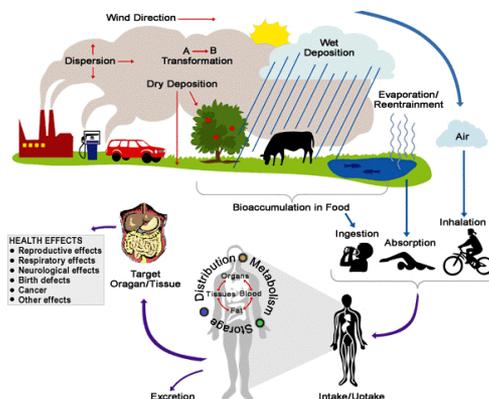
Réduction des
paramètres

Surveillance

Pilotage

Règlementation
Sécurité- Qualité

Information ciblée



Fournir l'information pertinente - Santé

Recherche

Compréhension

Screening

Informations
nombreuses

Développement

Modélisation

Identification des
paramètres critiques

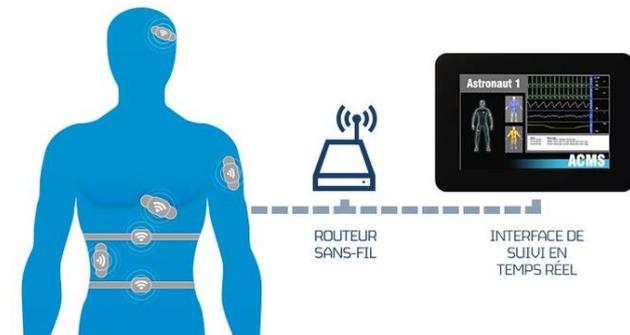
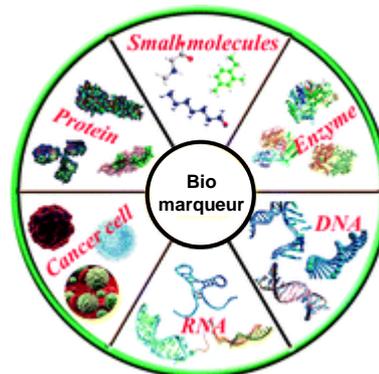
Réduction des
paramètres

Suivi

Pilotage

Règlementation
Sécurité- Qualité

Information ciblée



Des données temps réel

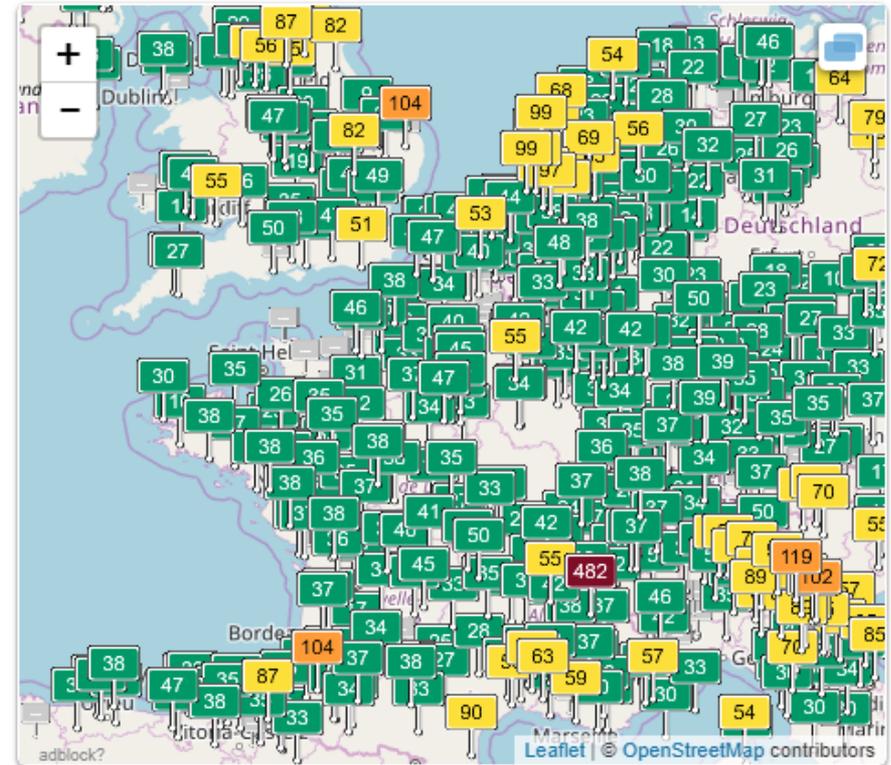
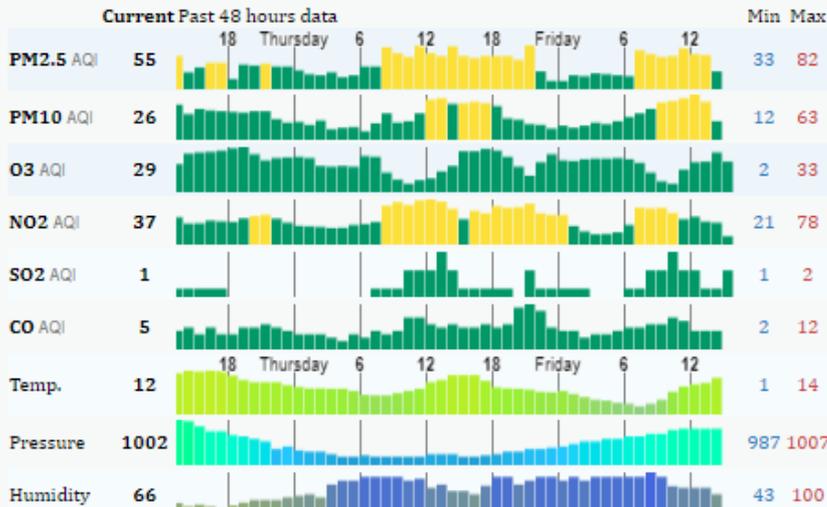
<http://aqicn.org/city/paris/>

Paris Air Pollution: Real-time Air Quality Index (AQI)

PARIS CHARLEROI BRUSSELS LONDON LIEGE ROTTERDAM LOCATE THE NEAREST CITY SEARCH FOR YOUR CITY

Paris AQI: Paris Real-time Air Quality Index (AQI).

43 **Good**
Updated on Friday 15:00
Temp.: 12°C



Fournir l'information pertinente

Pour chaque situation : des outils et des méthodes adaptées à l'objectif.

« Fit-for-purpose »



De l'instrument à la mesure de qualité

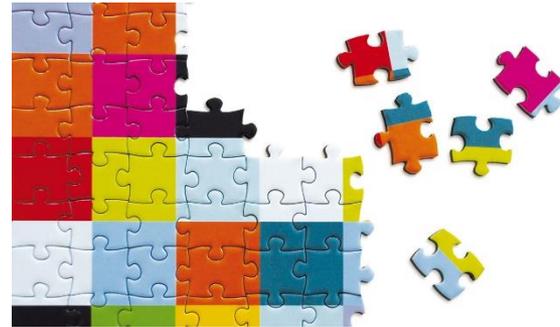
Construire l'instrument de mesure permet de mieux appréhender ses performances, et donc ses limites

Type de signal mesuré

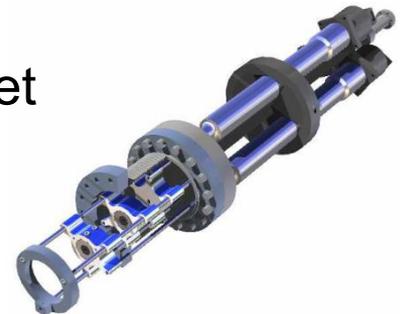
Justesse et fidélité

Optimisation de l'instrument

Validation de la méthode



Avoir été impliqué dans l'élaboration d'un instrument permet de mieux appréhender le fonctionnement d'autres instruments



Pour déployer ces actions

- ✓ Développer les outils nécessaires au déploiement de l'usage de cette approche pédagogique (fiches outils et méthodes pour les enseignants et pour les apprenants, démarche open-source)
- ✓ Former les formateurs
- ✓ Définir et développer des lieux de pratique
- ✓ Développer les outils d'évaluation de l'impact de cette approche sur les formateurs et sur les apprenants.



Le consortium



UCBL

Université Claude Bernard Lyon 1



VRIJE
UNIVERSITEIT
BRUSSEL VUB

UAM



UTM



UL



UNIVERSITE
CHEIKH ANTA DIOP
DE DAKAR

UCAD



UCAR



HOLY SPIRIT
UNIVERSITY
OF KASLIK

USEK

UPF



TRƯỜNG ĐẠI HỌC
KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ
HÀ NỘI

USTH



TRƯỜNG ĐẠI HỌC QUY NHƠN
QUY NHON UNIVERSITY

QNU

Connaissances et compétences

Méthodes analytiques (Expert)

Qualité et Aspect réglementaire (Approfondi)

Gestion d'un projet analytique (Expert)

Gestion de la qualité, développement de méthodes (Expert)

Management, gestion commerciale
et administrative d'un laboratoire (Base)

Communication et information (Approfondi)

Communiquer en anglais à l'écrit et à l'oral (B2 – TOEIC 785)



Diplômés de master

Connaissances et niveau de maîtrise spécifiques au diplôme de master

Développer ou mettre en œuvre des idées de manière originale

Maîtriser la complexité

Formuler des opinions à partir d'informations incomplètes ou limitées

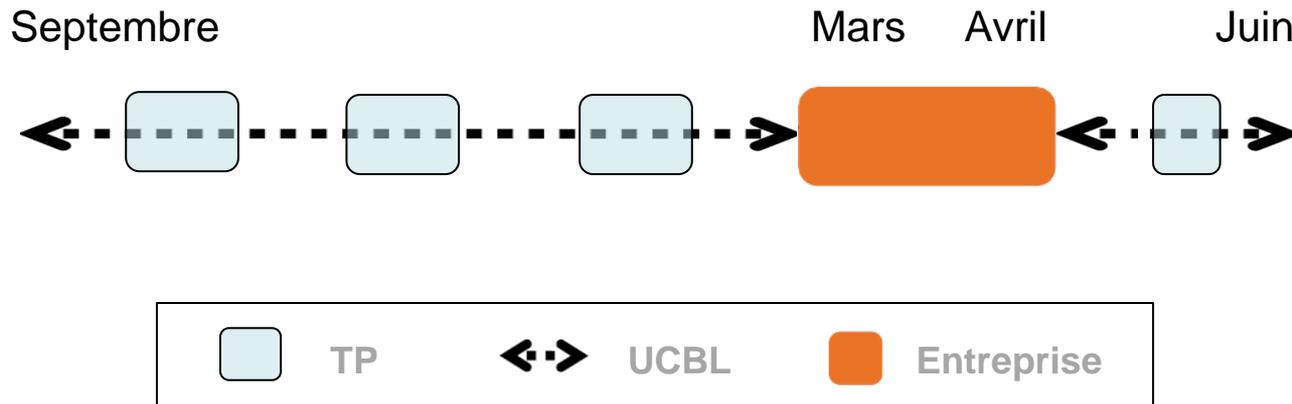
Communiquer clairement et sans ambiguïté

Se former de manière largement autonome



Organisation M1

M1 Formation Initiale (université et stage)



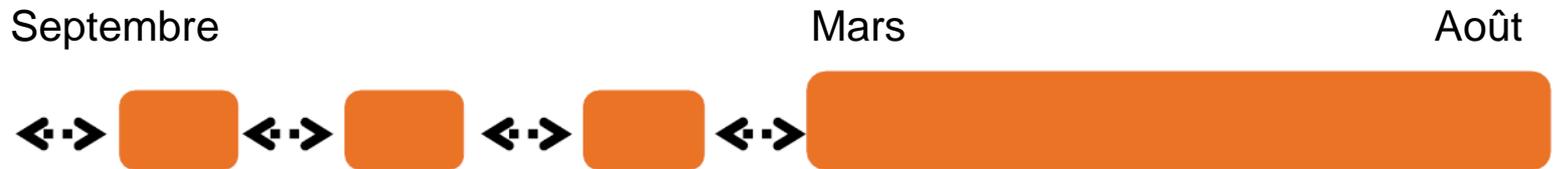
M1 Alternance (23 semaines université + 29 semaines entreprise)



Organisation M2

Parcours en Alternance APC et AI

14 semaines université + 38 semaines entreprise



Parcours Criminalistique et Erasmus Mundus



 Formation spécifique  UCBL  Entreprise