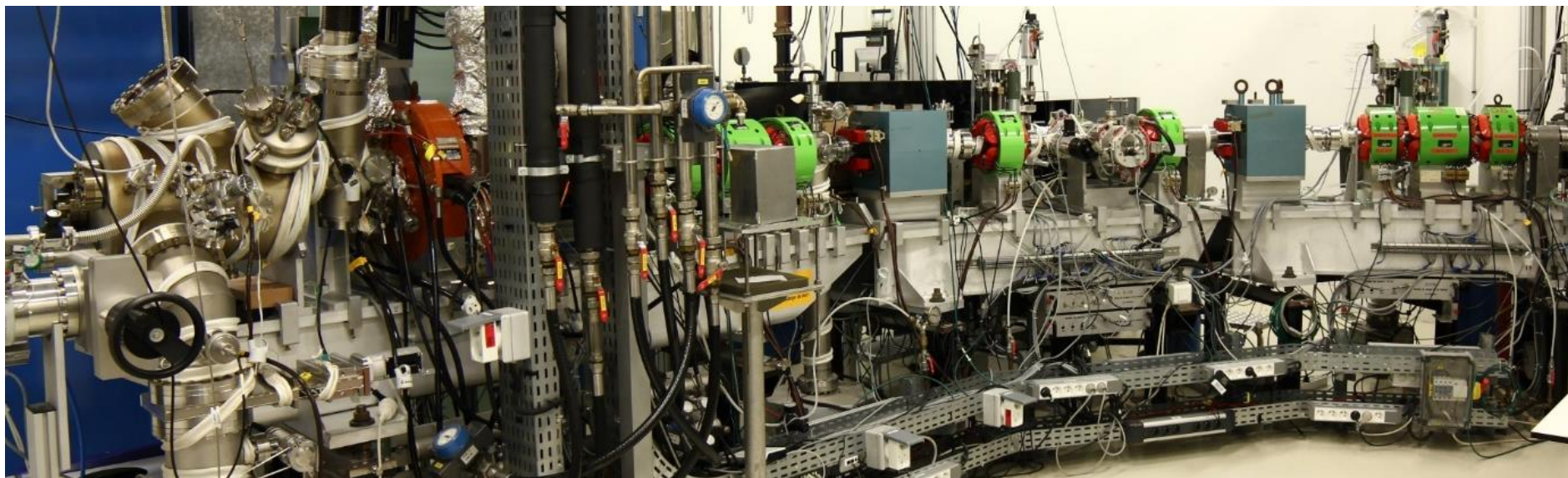


Accélérateur d'électrons

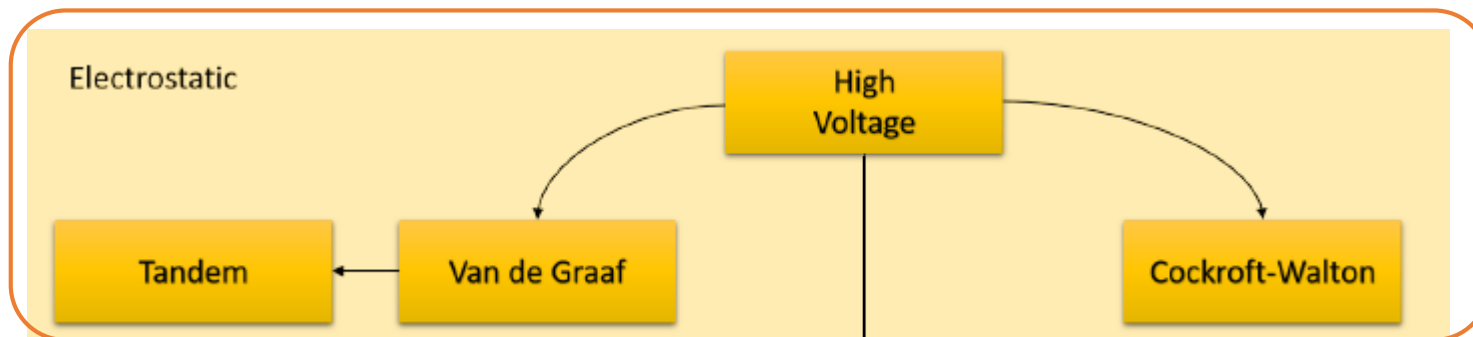
Plateforme ELYSE



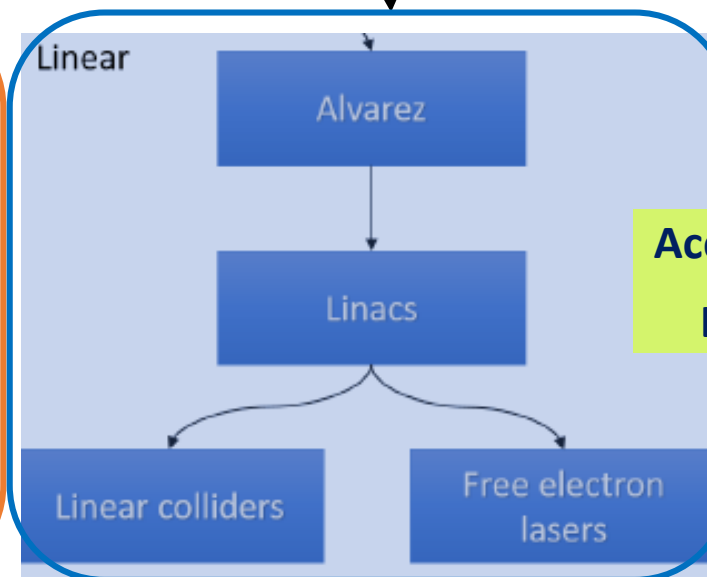
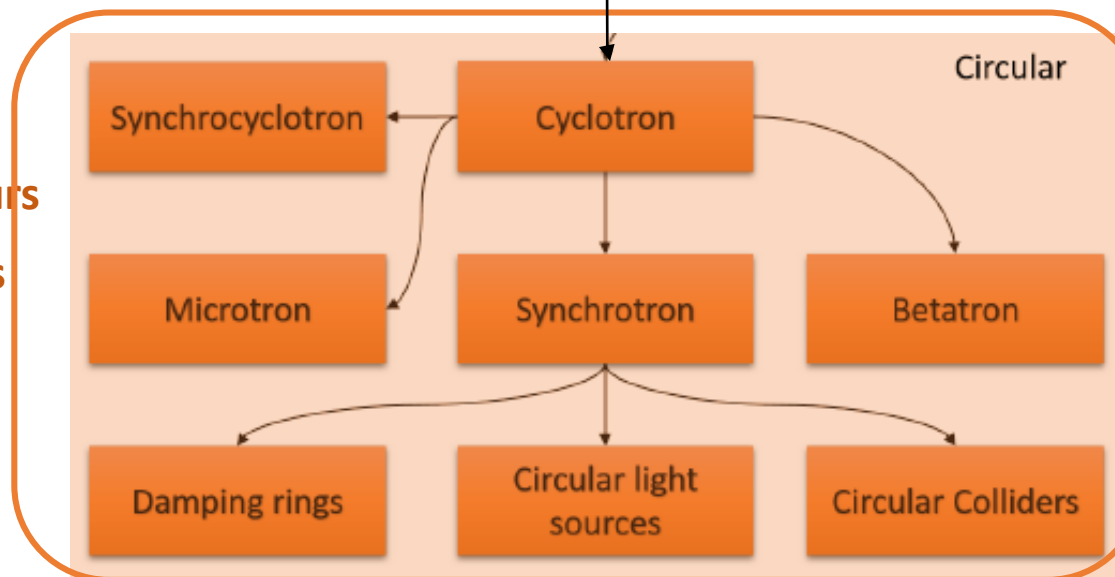
Atelier « Accélérateur, Recherche et Société »
25-27 mars 2026
LPSC – Grenoble

Panorama des familles d'accélérateurs

Accélérateurs
à tension continue



Accélérateurs
circulaires



Accélérateurs
Linéaires



- Accélérateur **électrostatique** → application d'une Haute tension (plusieurs MV)

- Van de Graff - Tandem



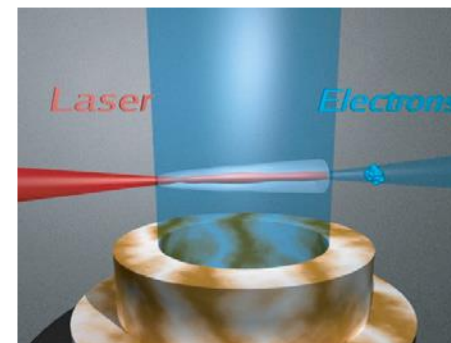
- Accélérateur à **canon Radiofréquences** → on piège une onde électromagnétique dans des cavités résonnantes

- Qualité du faisceau
- Technologie éprouvée (développée depuis plus d'un demi-siècle !)
- Limitation du champ accélérateur à qqs dizaines de MV/m
- Compacité



- Accélérateur **Laser - plasma** → focalisation d'une impulsion laser de forte puissance sur une cible gazeuse

- Durée d'impulsion < ps
- Très compact
- Grande dispersion d'énergie
- Reproductibilité

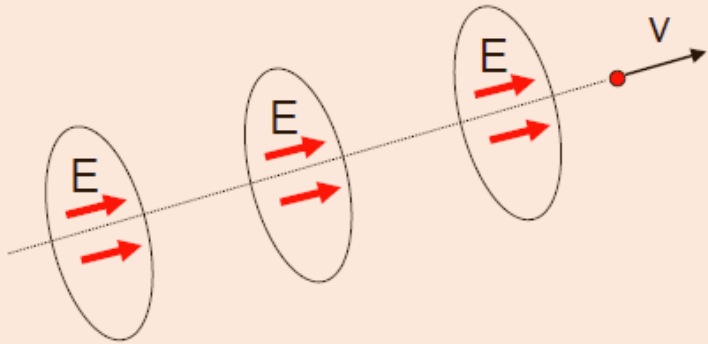


⇒ 3 technologies différentes

☐ ACCÉLÉRATEUR LINÉAIRE

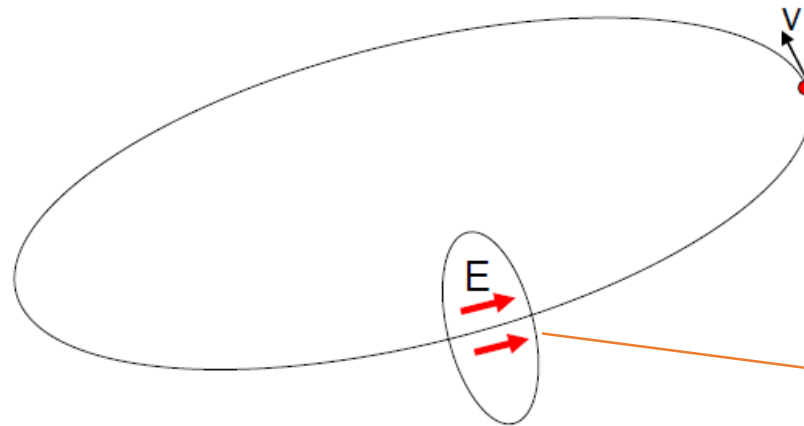
- Accélérateur électrostatiques
→ Accélération via une ddp

- Linac RF
→ Accélération par des cavités RF



⇒ Utilisation de plusieurs cavités à travers lesquelles les paquets d'électrons passent qu'une fois

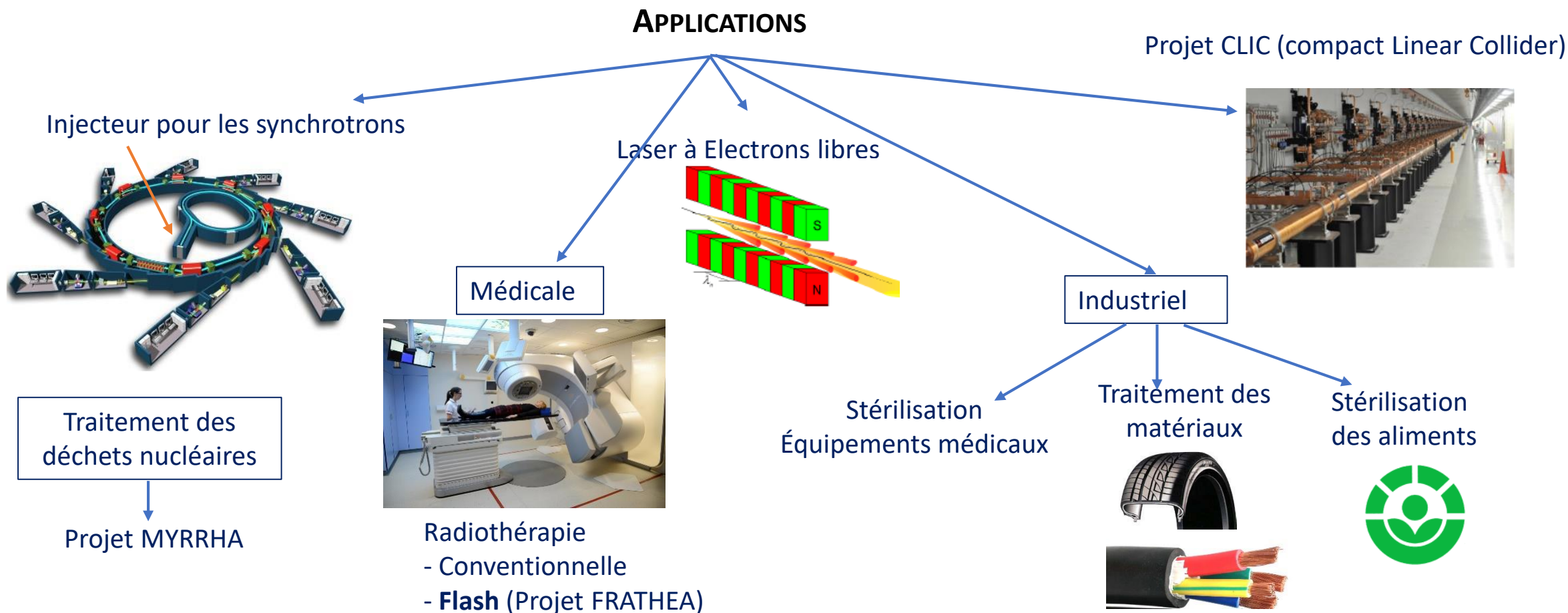
☐ ACCÉLÉRATEUR CIRCULAIRE



Source de puissance =
technologie à ampli
solide ≠ tube
→ **Meilleure stabilité**

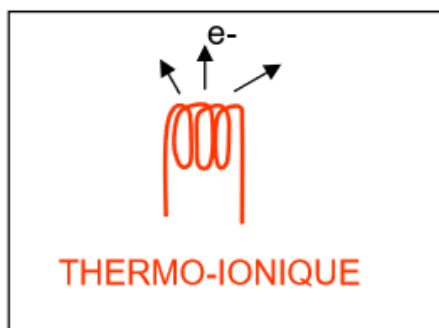
⇒ Utilisation **d'une cavité RF** à travers laquelle les paquets d'électrons passent plusieurs fois,
- synchrotrons, cyclotrons et leurs variantes

- **Linac** -> **Linear Accelerator** (plus de 10 000 dans le monde)



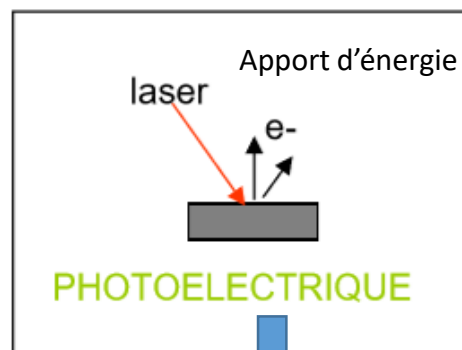
- **Canon conventionnel**
-> canon thermoïonique
- **processus d'émission :**

⇒ On **chauffe**



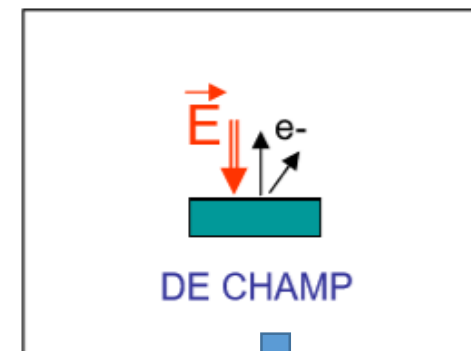
- **Canon RF -> Photoinjecteur**
- **processus d'émission :**

⇒ On **éclaire**



ELYSE - (effet direct)

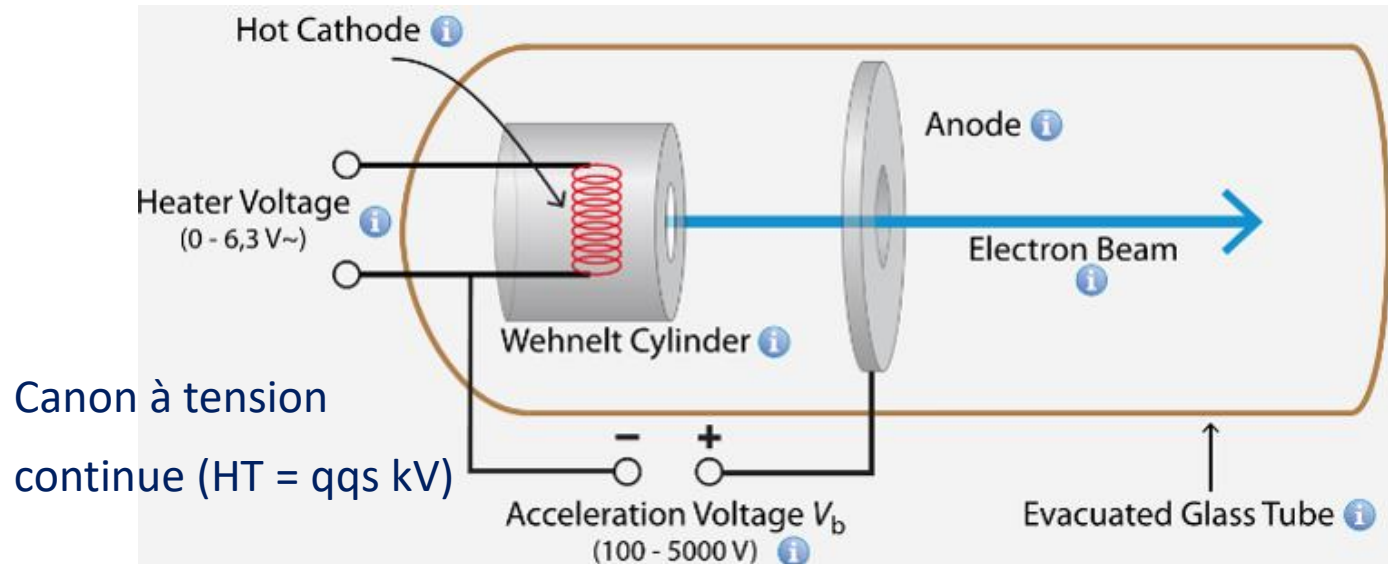
⇒ On applique un **champ électrique**



ELYSE - (effet indirect)

PRINCIPE :

1. Chauffage d'une cathode -> les électrons dépassent l'énergie potentielle et s'échappe du matériau.
2. Champ électrique -> accélération des particules vers une anode



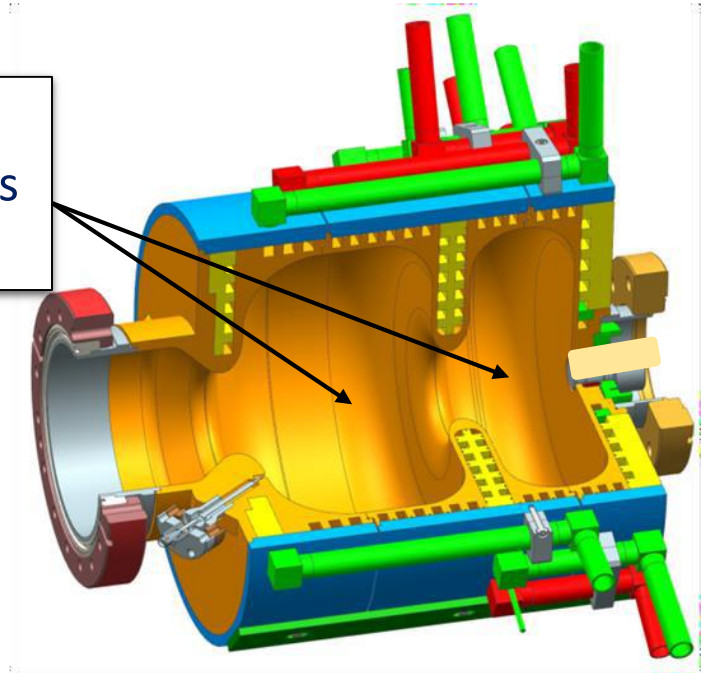
Inconvénients

- A la source -> qualité de faisceau moins bonne car émittance plus grande
- Nécessite des sections supplémentaires (« pré grouper et groupeurs ») -> grande taille !
- Durée des impulsions = qqs ns

- **OBJECTIF** : Ajouter un grand nombre d'accéléérations successives avec des cavités résonantes au lieu d'augmenter la différence de tension
 - ⇒ Piéger une onde RF stationnaire dans une cavité et y faire passer le faisceau
- **Ondes électromagnétiques radiofréquences**

Le champ d'une cavité RF est généré pour osciller à une fréquence donnée
- **2 types de cavités**
 - Cavités **chaudes** -> gradient de $\sim 50\text{MV/m}$
 - Cavités **supraconductrices** -> gradient de $>100\text{MV/m}$

Canon
à 1,5 cavités
ou cellules

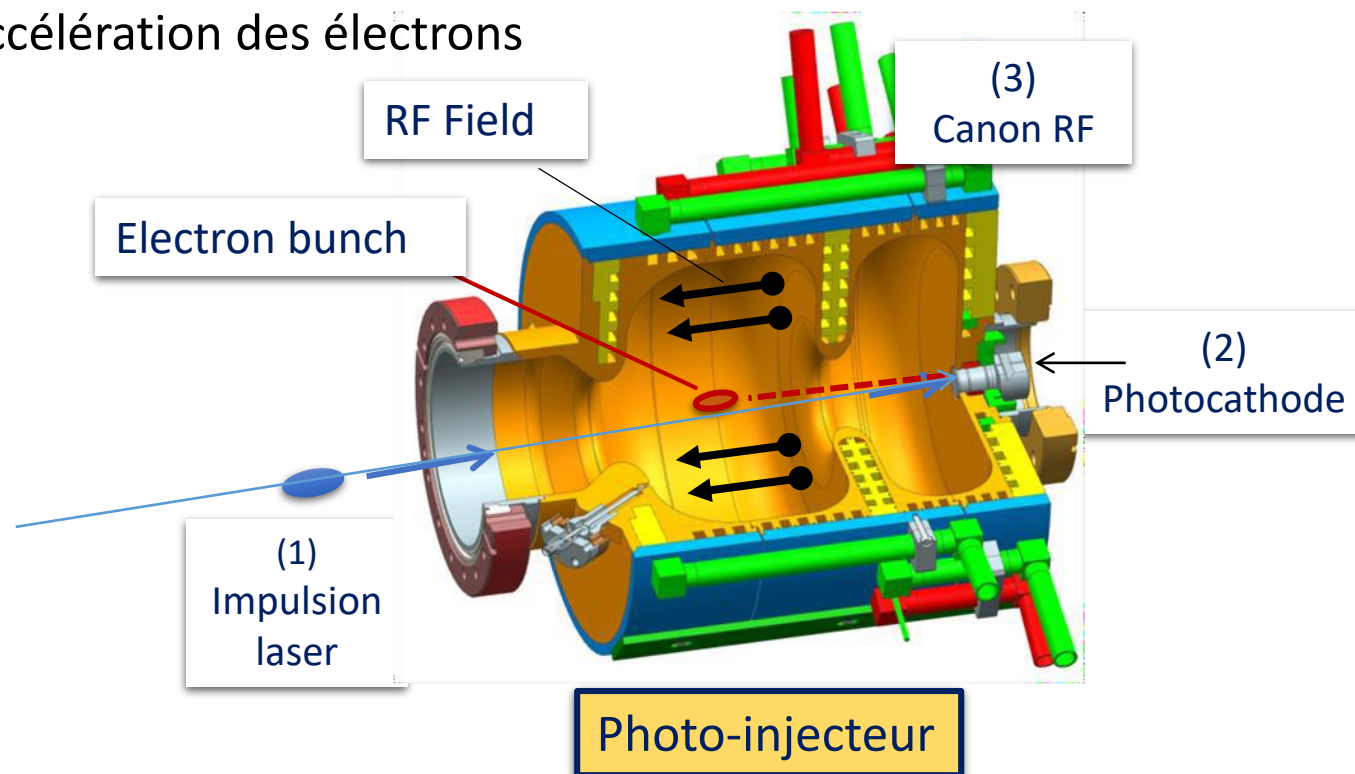


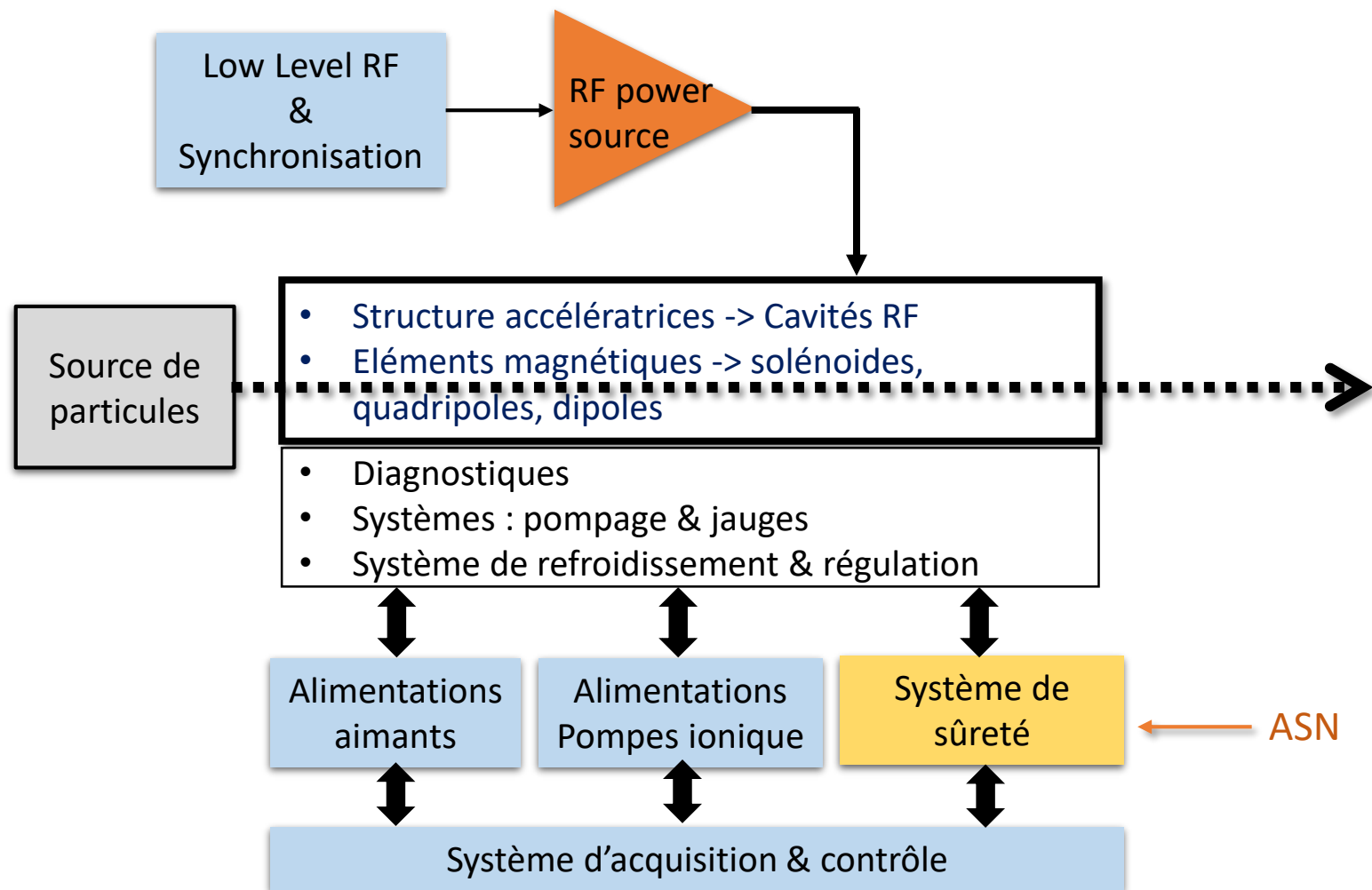
■ Photoinjecteur

- (1) Un laser illumine une cathode : apport d'énergie pour l'extraction des électrons de la cathode
- (2) Photocathode : substrat en cuivre + dépôt
- (3) Canon RF + un champ électrique → accélération des électrons

■ FAISCEAU d'électrons

- Les propriétés du faisceau d'électrons
→ performances du laser (intensité, phase et stabilité spatiale)





Paramètres faisceau :

- Energie
- Charge
- Largeur des paquets
- Mode pulsé ou continue
- Qualité du faisceau (émittance, brillance)

Contraintes :

- Infrastructure
- Coût
- Consommation énergétique
- Fluides -> Refroidissement
- Sûreté

❑ PROJET

- Projet porté et piloté par Jacqueline BELLONI et son équipe pour répondre aux besoins de la communauté Physico-Chimistes.

❑ FINANCEMENT :



→ Tutelles



❑ HEBERGEMENT

- Plateforme située à l'Institut de Chimie Physique (UMR) sur le campus de l'Université de Paris-Saclay à Orsay (Ile de France)



❑ Plateforme unique en Europe

- Accélérateur d'électrons + chaîne laser femtoseconde commerciale

⇒ **3 installations dans le monde** : ELYSE, Osaka (Japon), Brookhaven (Etats-Unis).

❑ RÔLE

- déclencher dans un temps très court les phénomènes chimiques et biochimiques engendrés par le passage d'un faisceau d'électrons.

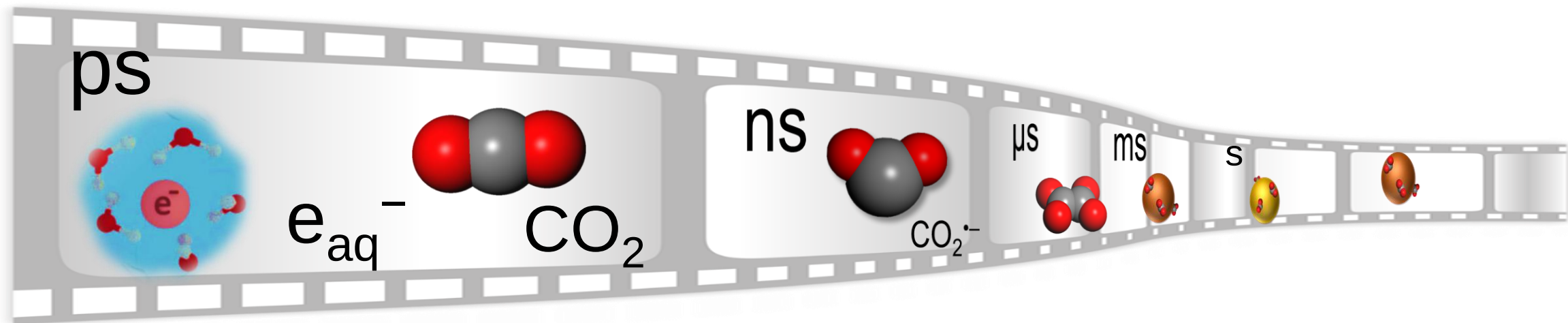
- Domaine = **La chimie sous rayonnement** ⇒ Utilisation de faisceaux de particules

(étude des transformations chimiques d'un système induits par des rayonnements ionisants)

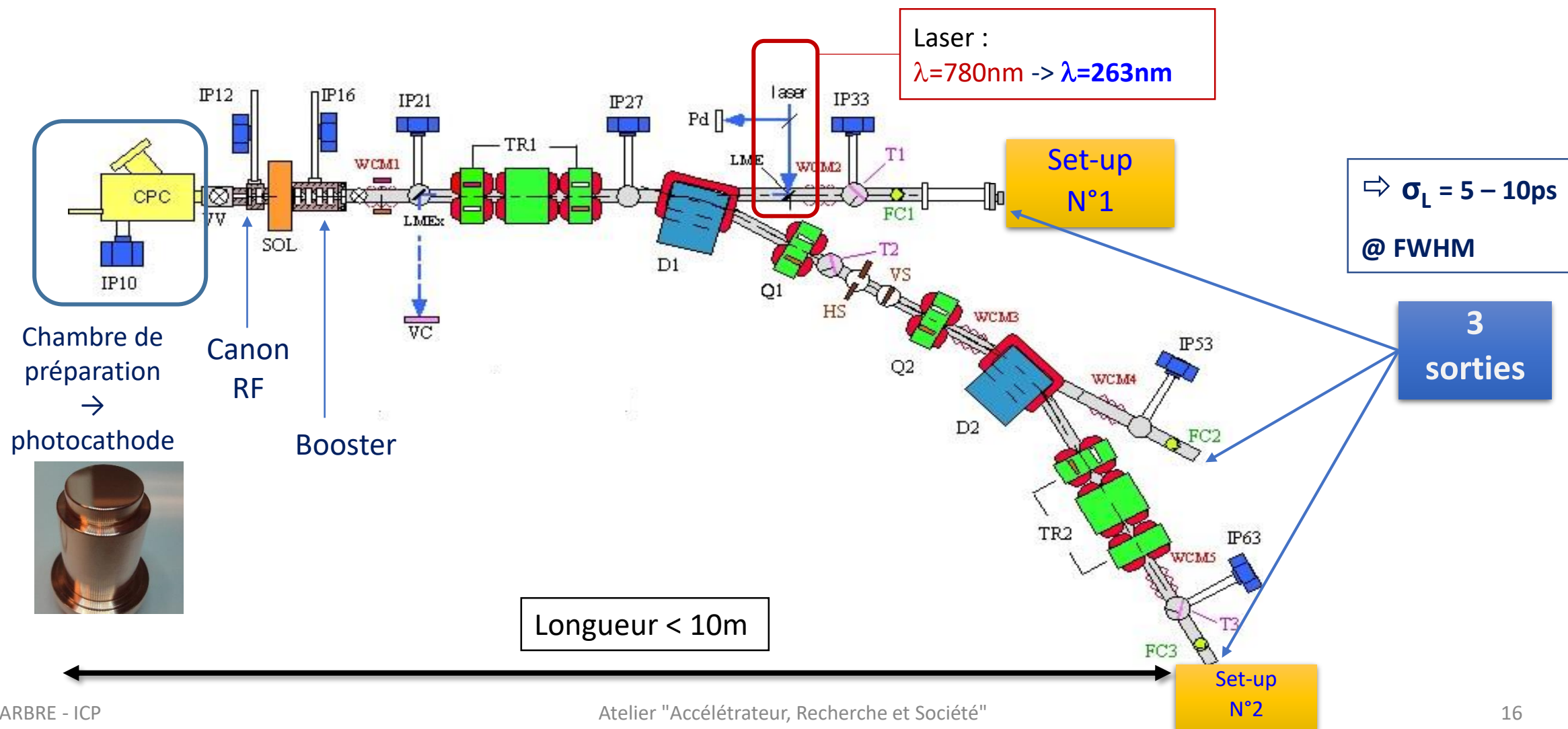
⇒ Produire des réactions chimiques en quantité, et en un intervalle de **temps plus bref que leur durée de vie**

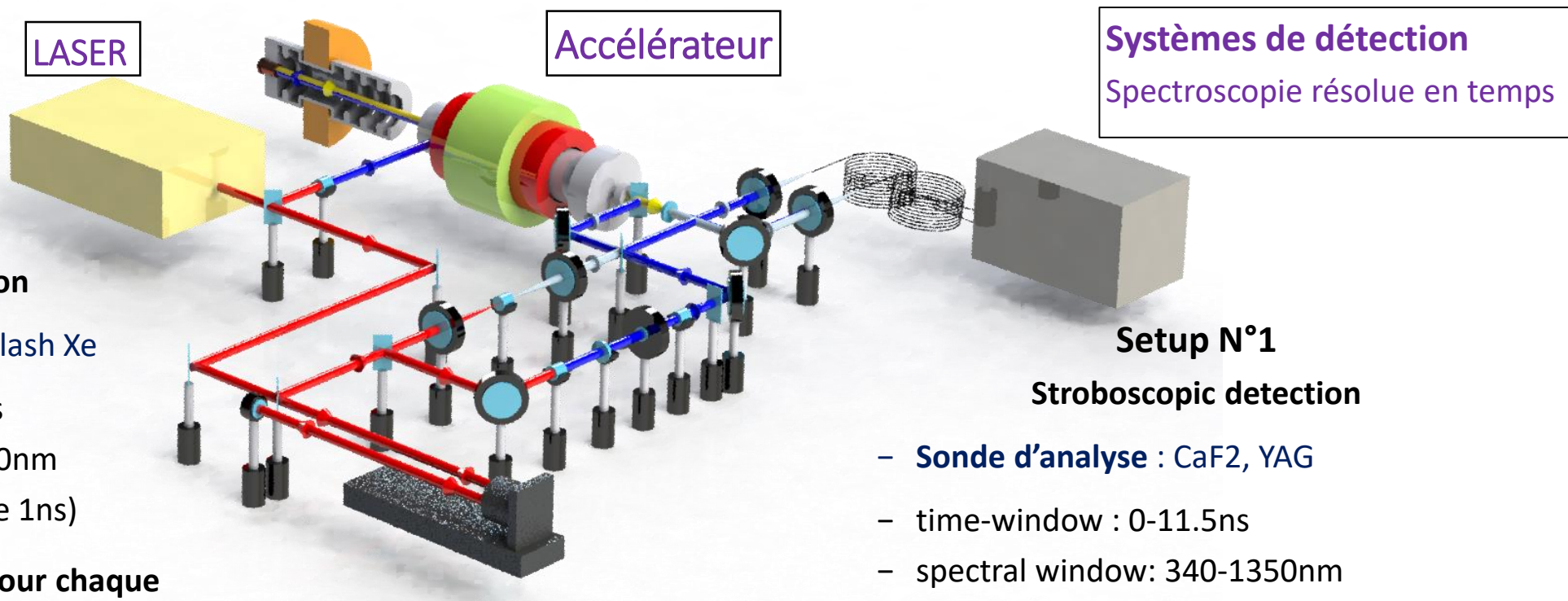
$$\Rightarrow \tau \ll t_{\text{réaction}}$$

⇒ Enregistrement de la cinétique des réactions chimiques



- **Etude et réalisation** : l'équipe du SERA du laboratoire LAL
- **INSTALLATION** : 2002
- **CHOIX de la technologie du Photoinjecteur** :
 - Accélérateur < 10m : compacité
 - Impulsions très courtes : 5 – 15ps
 - Photocathode en Cs₂Te : bon rendement (dépôt dans la chambre de préparation)
 - Fortes charges : > 5nC
 - Qualité de faisceau





– **Sonde d'analyse** : Lampe flash Xe

– Time window: 0,5ns – 1ms

– Spectral window: 280 - 800nm

– time-resolution 50ps (scale 1ns)

→ **Mesure simultanément pour chaque impulsion les spectres d'absorption transitoires et leur évolution dans le temps**

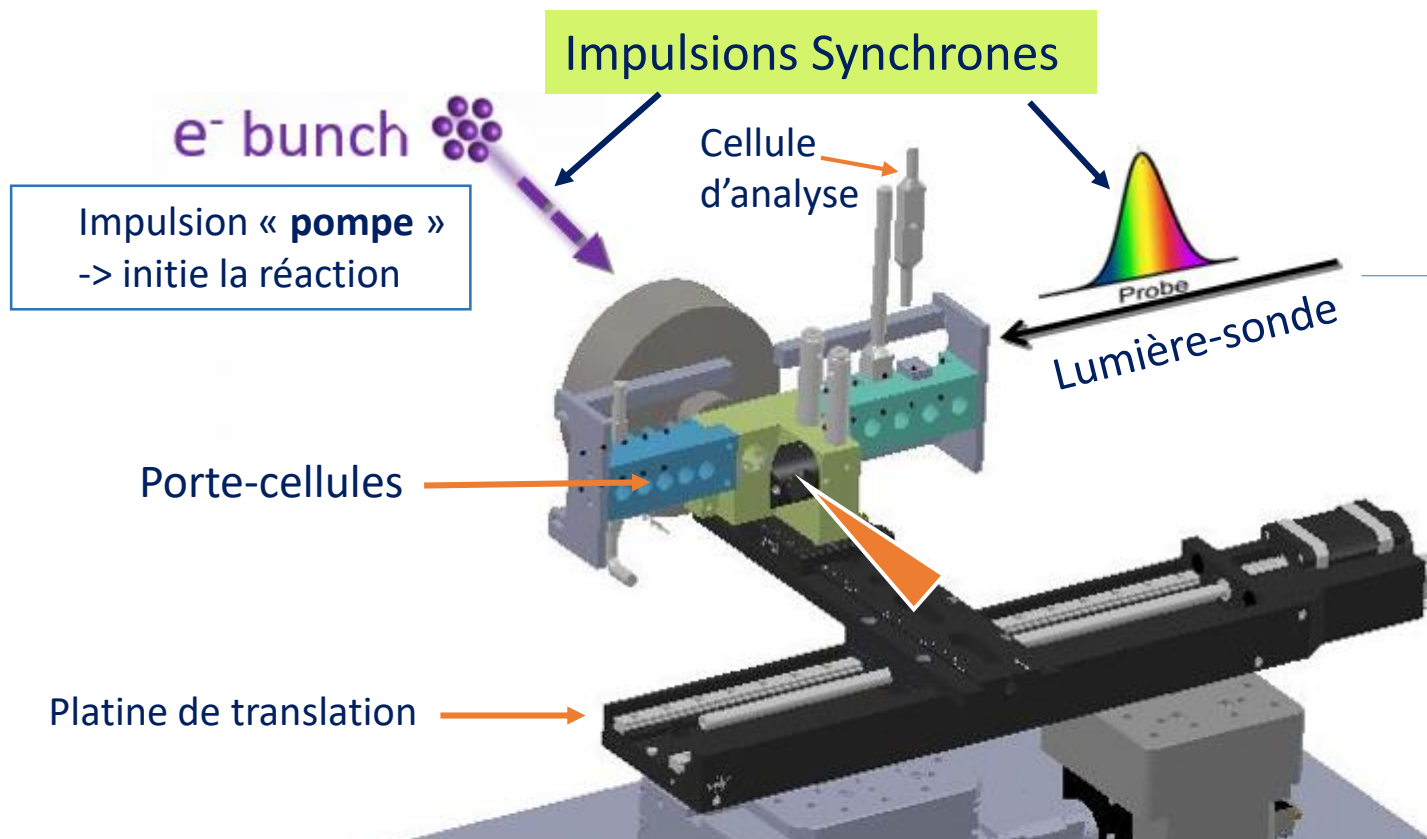
– **Sonde d'analyse** : CaF₂, YAG

– time-window : 0-11.5ns

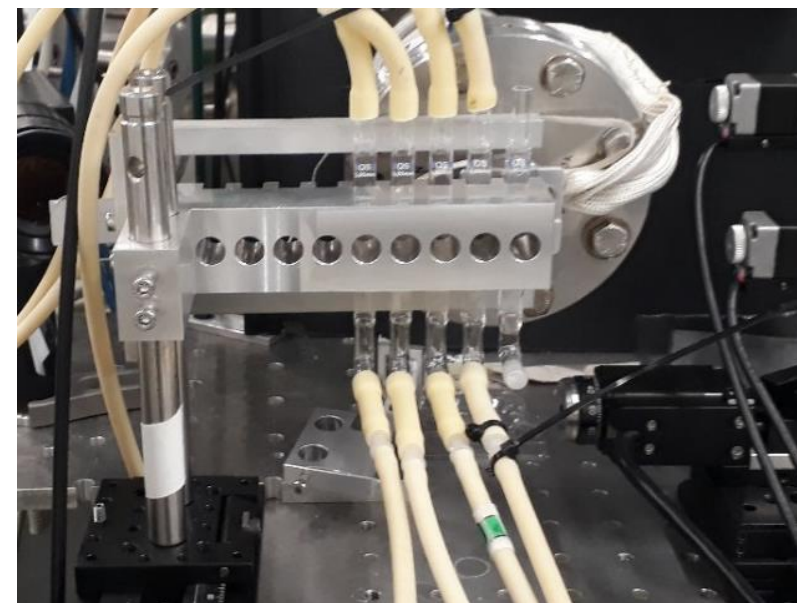
– spectral window: 340-1350nm

– time-resolution 150fs

La technique pompe-sonde setup



⇒ C'est le **signal de lumière** qui va être analysé
Mesure de l'Absorbance = proportionnelle à la
concentration des espèces



Porte-cellules (8 positions)

ACCELERATEUR	
Energie	3 – 8,5 MeV
F rep	0,1 – 10 Hz
Dose / imp.	2 – 100 Gy / pulse
Voie Exp.	2
dE/E	< 2%
σ_L @ FWHM	5 – 10 ps

Pas d'activation

Paramètres ajustables

Biochimistes !



Cellule Haute Pression

Setup expérimentaux

Optic path	2, 5 ou 10mm
λ Detection	UV-ViS ou IR
Irradiation system	Quartz cell
Cell holder	8 max.
temperature	20 – 80°C
High pressure cell	> 100 bar



CHERCHEUR				
M. MOSTAFAVI	Prof. Permanent		Université	Responsable scientifique
S. DENISOV	CR	Permanent	CNRS	Responsable des expériences
Z. JIANG	CR	Permanent	CNRS	
D. ADJEI	IR	CDI	Université	
ITA / IATOSS				
JP LARBRE	IE	Permanent	CNRS	Responsable d'exploitation

- Energie nucléaire et la chimie induite par le rayonnement
 - Corrosion et dégagement de H_2
 - formation du radical nitrate NO_3 en milieu de retraitement du combustible nucléaire
- Dégradation des PFAS par radiolyse en présence de sulfite
- Radiobiologie : dommage de l'ADN sous rayonnement
- Vieillessement des électrolytes dans les piles Li-ion
(La radiolyse = outil de modification des matériaux d'électrode en vue d'améliorer leurs propriétés)

ENERGIE

ENVIRONNEMENT

SANTÉ

ENERGIE

- ELYSE → plateforme labellisée par CNRS Chimie
- ELYSE → rattachée depuis 4 ans à EMIR&A.
- Ouvertes aux acteurs **académiques** et **industriels**
- Laboratoires nationaux et internationaux

Laboratoire	Pays	Réseau EMIR&A
CEA - Saclay	FRANCE	■
CEA - ICSM de Marcoule	FRANCE	■
Sorbonne Université	FRANCE	
CEA Marcoule - DES/DMRC	FRANCE	■
Institut Curie	FRANCE	
Instytut Chemii i Techniki	POLOGNE	
Oakland	USA	■
Dpt Of bioorganic Chemistry	POLOGNE	
	CHINE	■
Mount Allison University	CANADA	
	JAPON	

❑ Réseau EMIR&A

- Projets **déposés sur le site d'EMIR&A**
- **Projets évalués** par un comité d'évaluation international ou demandes au fil de l'eau.
- Le taux d'ouverture → 20% des projets déposés
- + demandes au fil de l'eau

SITE WEB : <https://emira.in2p3.fr/>

❑ Demandes internes / Réseau Radiolyse

- Demandes internes ou contour périmètre de Saclay.
- Demandes via le site ou par email
- Projets discutés puis validés scientifiquement et techniquement au sein du Bureau de gestion
- Sauf cas particulier, les utilisateurs n'apportent rien

CONTACT mehran.mostafavi@universite-paris-saclay.fr

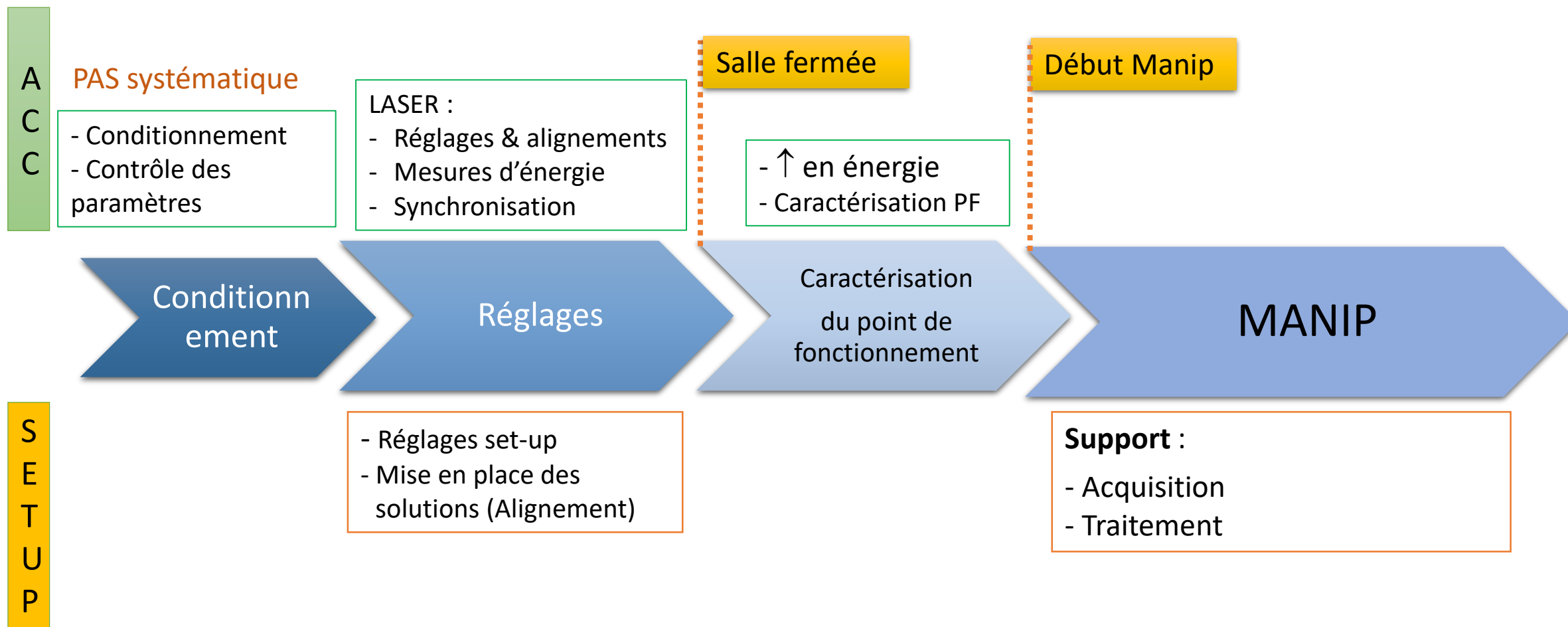
SITE WEB : <https://elyse-platform.academy/>

☐ CÔTÉ ACCÉLÉRATEUR

- Paramètres faisceau :
 - F rep
 - Charge
 - Energie
- Voie d'analyse :
 - détections
 - Adaptation du setup
 - Courant d'obscurité

☐ CÔTÉ UTILISATEURS

- Echantillons sous forme liquide
- Ce que doit apporter les utilisateurs → solution à analyser
- Type de cellule → cellule spécifique ? (Volume, circulation, pression, température)
- Dégazage ?
- Nombre d'échantillons



❑ MODÈLE DE FONCTIONNEMENT

- Fonctionnement avec les ressources propres et projets ANR internes et externes + AAP
- Participation financière des utilisateurs pour l'achat de matériel
- Les projets -> collaboration
- Pas de prestation avec les industriels

❑ 2 CONTRATS DE MAINTENANCE

1. Portes lourdes
 2. Fluides
- Maintenance accélérateur :
 - Équipe
 - Demandes / échanges avec les collègues de la vallée ou du plateau
 - LASER :
 - Coup par coup
 - Equipe
 - Entreprise

- ☐ **REEMPLACER LES ÉQUIPEMENTS CRITIQUES** (en cours)
 - Pérennisation de la plateforme
- ☐ **RECRUTEMENT** -> Apport de moyens humains (demande en cours)
 - support technique
- ☐ **MAINTENIR À NIVEAU LES PERFORMANCES DE LA PLATEFORME**
 - Développements techniques
 - Nouveaux projets scientifiques
 - Chimie autour du Réacteur à sels fondus → Radiolyse pulsée à Haute Température (500-800°C)
 - Mise en place d'une nouvelle expérience sur la 2ème sortie de l'accélérateur
 - Radiolyse pulsée à température < 100 K → HCl liquide (Cryostat)
- ☐ **MAINTIEN DES SERVICES :**
 - Diminuer le taux de pannes
 - Stabiliser voire augmenter le nombre d'expériences

Merci de votre attention

