

FORmation de MOLécules dans le Milieu Interstellaire: Une expérience d'astrophysique au laboratoire

L. Amiaud, T. Amorri, S. Baouche, F. Dulieu, J-H. Fillion, F. Le Petit, A. Momeni, E. Samson, J-L Lemaire.
LERMA/LAMAp UMR 8112 du CNRS, Université de Cergy-Pontoise et Observatoire de Paris.

Formation des molécules dans les nuages denses

On détecte plus de 100 molécules différentes (eau, alcool...) dans les nuages denses, preuve d'une chimie très riche. Une partie de ces molécules **est formée à la surface** de grains appelés poussières interstellaires. Bien que ces poussières soient microscopiques (taille des particules de la fumée de cigarette), elles sont très grandes par rapport aux atomes, et constituent des surfaces, souvent très froides, où les atomes et molécules peuvent se coller (comme la vapeur d'eau se dépose en givre sur une surface froide). A partir de ces atomes et ces petites molécules peuvent se construire des molécules plus complexes. Les grains, comme les comètes, peuvent être recouverts de glace (d'eau et d'autres molécules).



Nuage moléculaire dense de la tête de cheval dans la nébuleuse d'Orion
© HST

Pourquoi faire une expérience en laboratoire ?

La chimie sur les grains à très basse température n'est pas du tout connue !

Il faut donc concevoir un dispositif spécifique pour l'étudier, dans des conditions susceptibles d'être rencontrées dans le milieu interstellaire.

Il faut assembler les éléments suivants:

- Une enceinte ultra-vide (car les densités des nuages sont très faibles, et éviter la « pollution »)
- Un échantillon ultra froid (10 K = - 263° C)
- Des surfaces réalistes (glaces, silicates...)
- Un moyen de caractériser les réactions (laser...)

Toutes ces technologies réunies nécessitent un dispositif spécifiquement étudié pour cette problématique

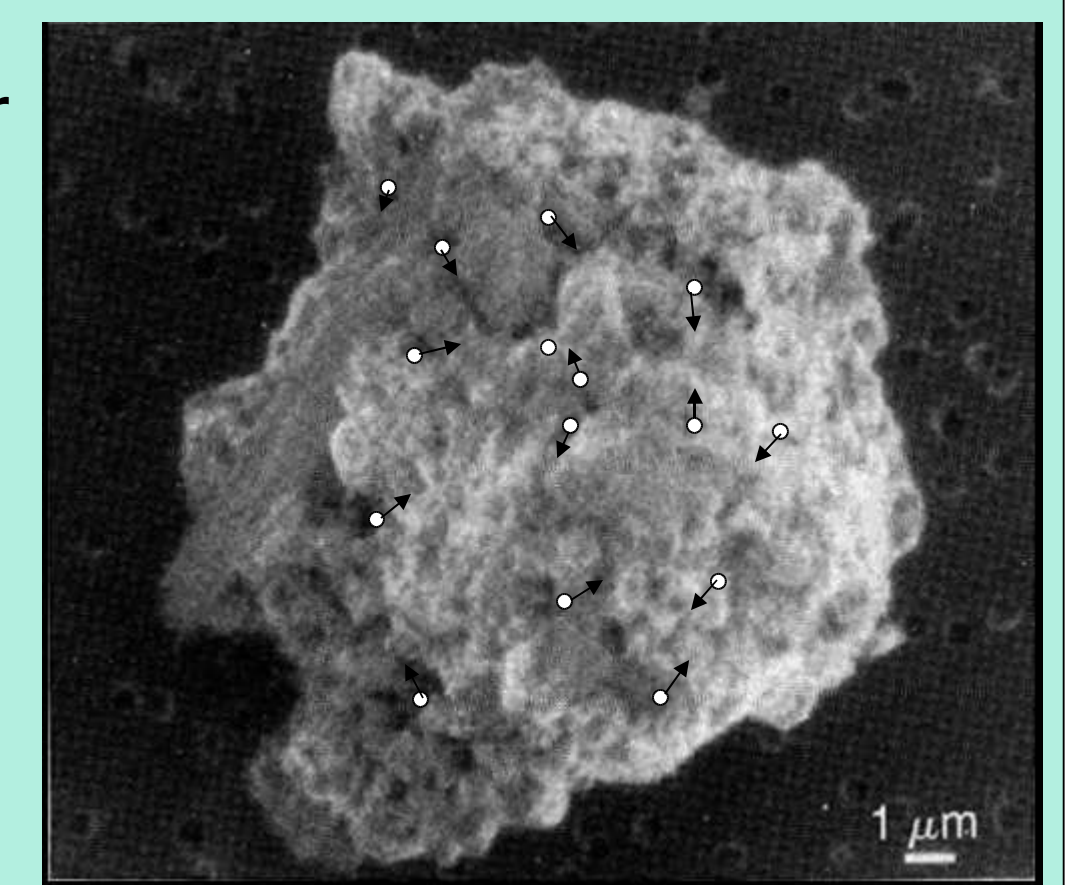


Photo de grain interstellaire
© UCAR, recouvert d'atomes grandis 5000 fois

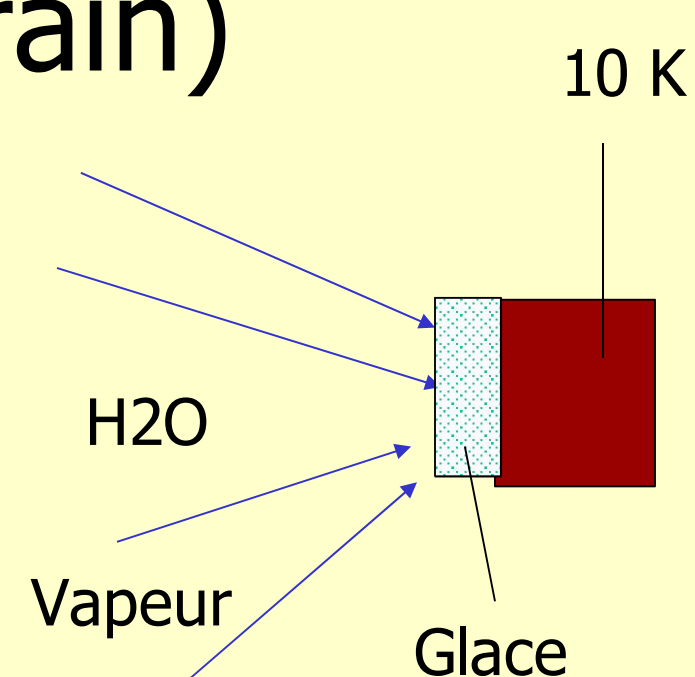
Une expérience typique

2 On vide l'enceinte

Dans une enceinte en acier inoxydable, les pompes à vide permettent d'obtenir un vide de $1 \cdot 10^{-10}$ mbar, soit plus de mille milliards de fois moins de molécules que dans l'air. Ceci permet d'être sûr que l'on n'étudie que les molécules que l'on introduit dans l'enceinte et nous place dans des conditions compatibles avec l'espace (il n'y a pas d'air !).

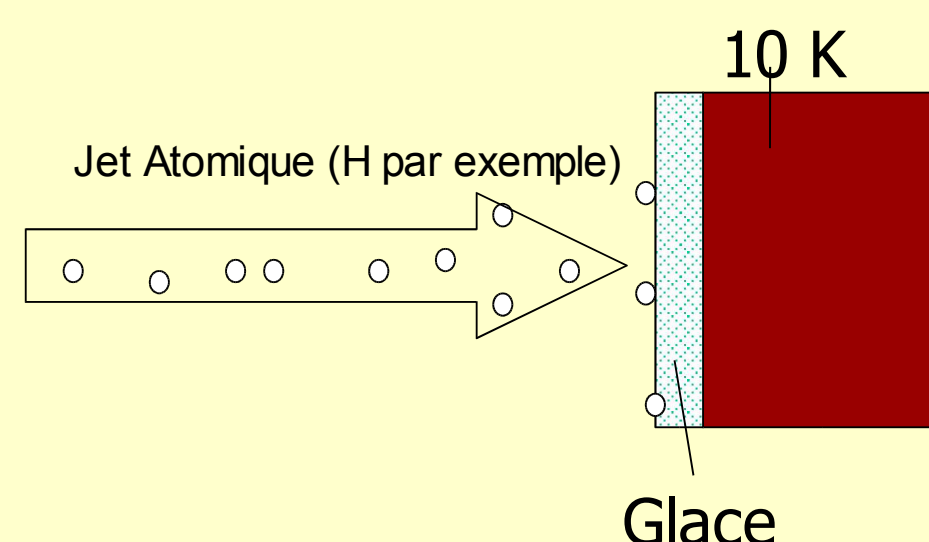
2 On forme l'échantillon de glace (simule le grain)

On dépose de la vapeur d'eau sur le porte échantillon froid (10K) elle forme de la glace.



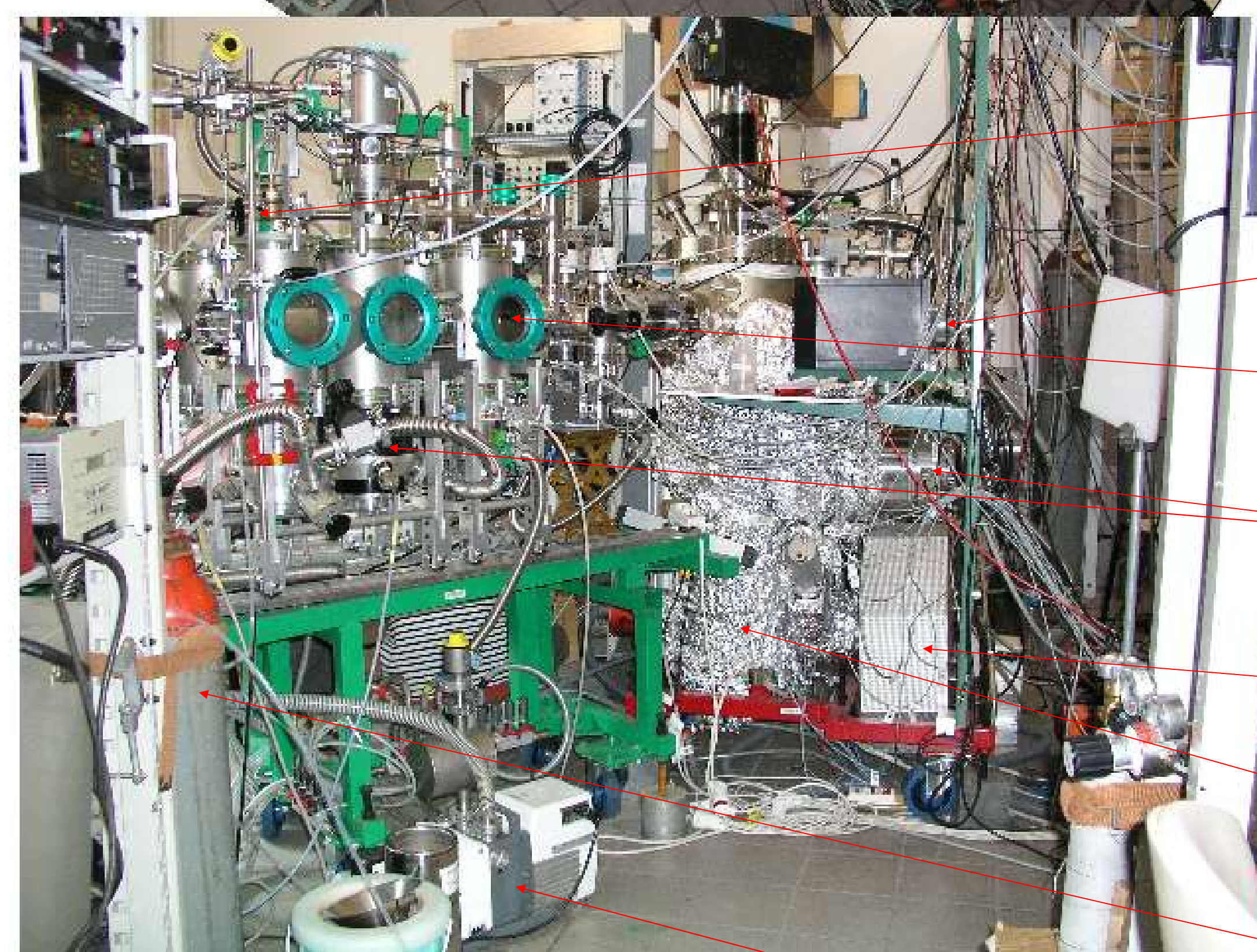
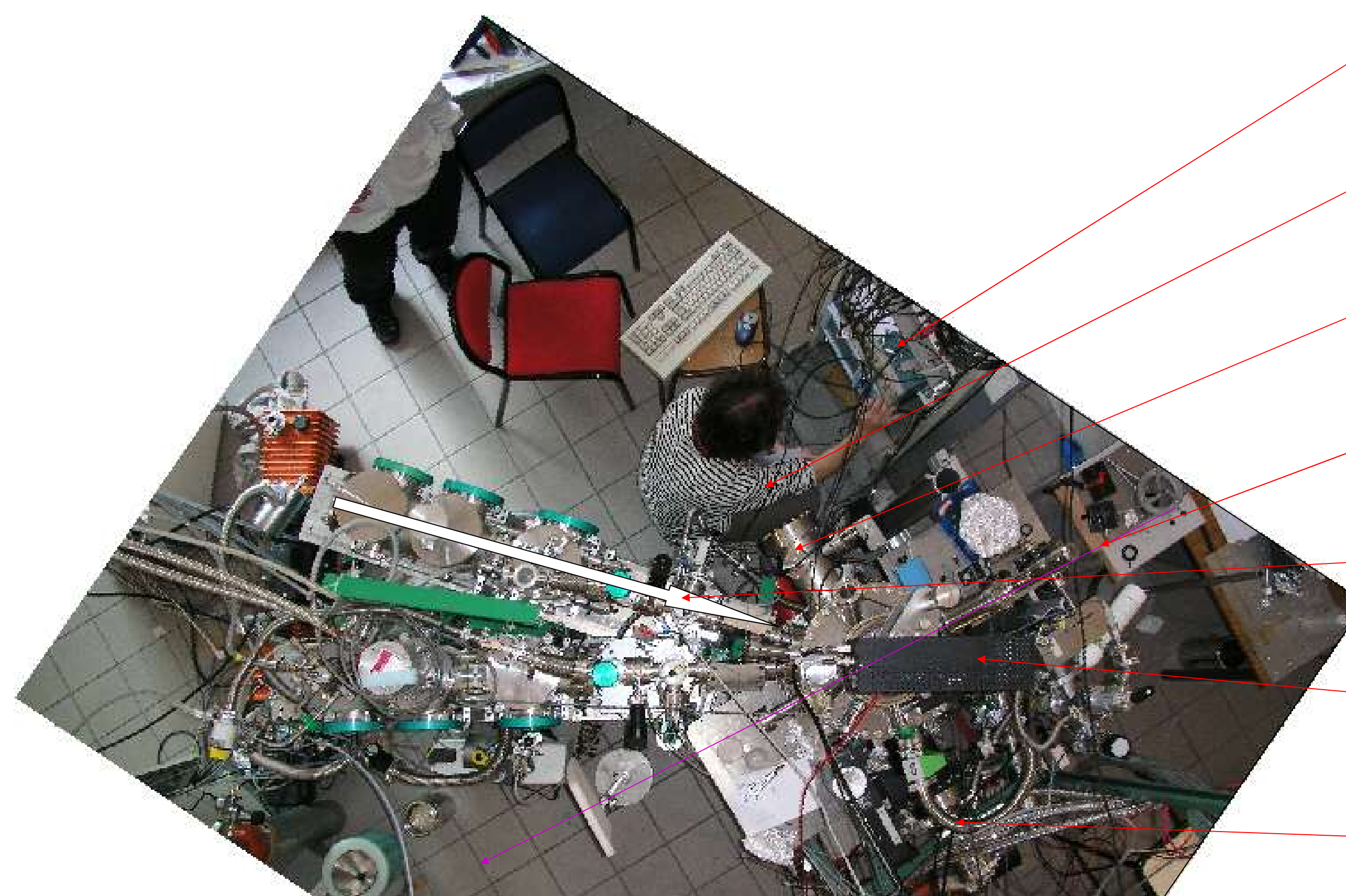
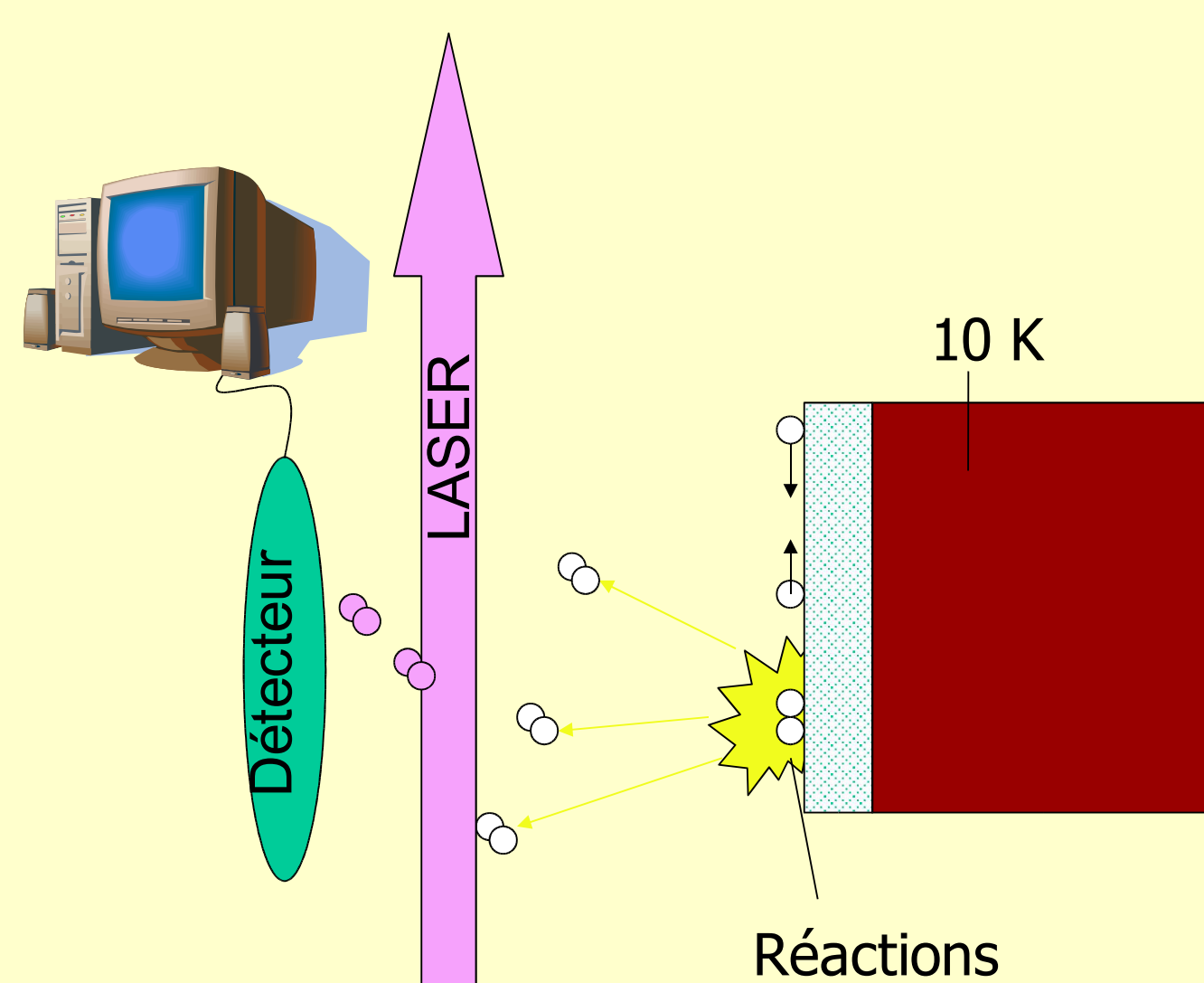
3 On envoie les atomes qui peuvent réagir

On prépare les atomes dans un jet atomique. A part les gaz rares, il faut une source spécifique, ici un Surfatron.



4 On détecte les produits de la réaction

Les atomes sont mobiles et peuvent se rencontrer et réagir. Les molécules formées qui quittent la surface peuvent être détectées grâce à un faisceau laser passant devant la surface. Les molécules sont ionisées et peuvent être détectées. Si les molécules ne quittent pas spontanément la surface, on la chauffe jusqu'à ce qu'elles décollent. On détecte alors les molécules par un spectromètre de masse.



Expérience "FORMOLISM" 05/2004
LERMA/LAMAP UMR 8112 Université de Cergy-Pontoise

- Electronique de détection
- Lionel réglant le signal
- Détecteur à ions
- axe du Laser
- 2 Jets atomiques
- Quadrupôle de masse
- Dispositif de refroidissement
- Surfatron
- Porte échantillon
- Hublots d'enceintes
- Pompes turbomoléculaires
- Pompe ionique
- Emballage pour étuvage
- Bouteille de dihydrogène
- Pompes primaires

C'est cher ?

300 k€ sur 5 ans pour 5 chercheurs (hors salaire)
→ c'est plus cher qu'une étude sur ordinateur
→ c'est beaucoup moins cher qu'un télescope ou qu'un satellite
→ et c'est complémentaire et indispensable aux deux.

Où peut-on la voir ?

L'expérience se situe dans les locaux de l'université de Cergy-Pontoise car les chercheurs qui y travaillent y enseignent aussi.

Devinettes

D'où vient l'eau que l'on trouve sur terre (océans, nuages...)?

De l'espace! On pense que l'eau a été déposée sur terre après sa formation par le bombardement météoritique (on dit que les comètes qui deviennent météorites si elles tombent sur terre, sont des boules de neige « sale »).

Comment cette eau a-t-elle été formée dans l'espace ?

Patience, on y travaille ! Réponse dans un an ou un siècle !