

Contexte et objectifs

Dans l'industrie microélectronique, le contrôle de la contamination moléculaire croisée entre les substrats Silicium (wafers) et leurs containers plastiques de stockage et de manipulation, les FOUPs (cf. ci-contre), est nécessaire pour prévenir et éliminer des défauts sur les wafers. Ces phénomènes sont gouvernés par les mécanismes de sorption et les lois de diffusion des molécules gazeuses dans les polymères. Les coefficients de diffusion et de sorption d'acides volatils (HF, HCl) dans les polymères constituant les FOUPs (polycarbonate PC, polyetherether ketone PEEK, ...) ont été expérimentalement déterminés au sein du laboratoire. Le but de ce travail est de caractériser ces mécanismes de contamination par la modélisation et la simulation numérique. Un modèle de sorption/désorption a été défini avec les conditions industrielles typiques. Une étude sur l'efficacité de nettoyage par purge à température ambiante et à 70°C du FOUP a été établie. Les résultats sont validés par les données expérimentales obtenues sur la caractérisation de contaminants dans des FOUPs.

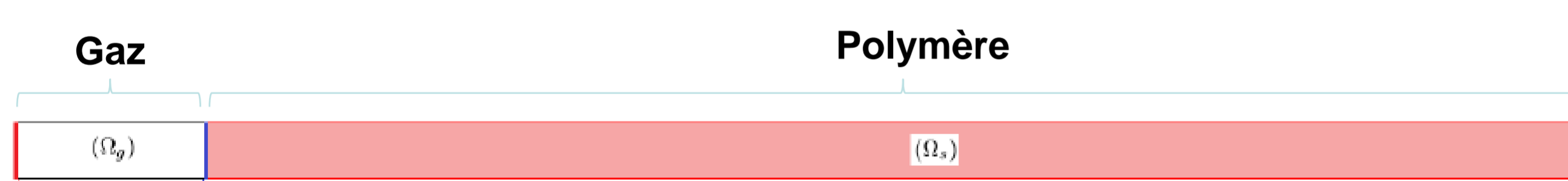


FOUP (Front Opening Unified Pod):

Container en plastique utilisé pour manipuler et stocker des plaques de silicium (wafers) utilisées dans l'industrie microélectronique

Modèle de contamination croisée (adsorption/dégazage/nettoyage)

Le mécanisme de contamination est régi par un phénomène d'adsorption du contaminant à la surface du polymère suivi d'une diffusion dans le volume. Le processus est « réversible », une diffusion inverse suivie d'un dégazage de la molécule dans l'atmosphère du FOUP est possible. C'est cette réversibilité qui peut conduire à la contamination des plaques stockées. Nous étudions le cas d'une membrane du FOUP.



Le modèle implémenté sur le Logiciel COMSOL Multiphysics repose sur: les lois de diffusion avec une condition d'interface donnée par la loi d'Henry, des conditions aux limites dynamiques et est donné par:

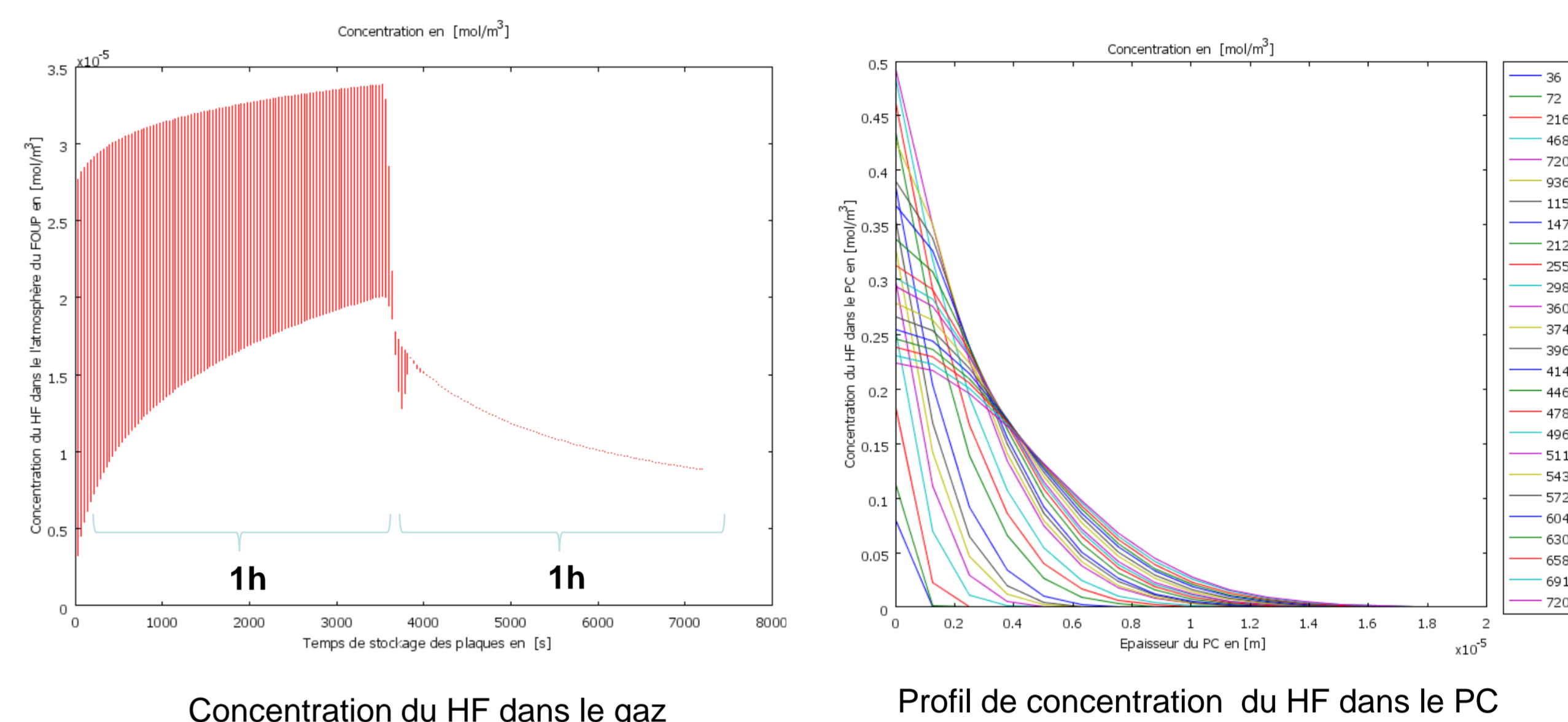
$$\begin{cases} \frac{\partial C^s}{\partial t} = \nabla \cdot (\underline{D}_s \nabla C^s) & \text{dans } (\Omega_s) \\ C^s = H_0 C^g & \text{sur } (\Gamma_N) \\ -n \cdot (-\underline{D}_s \nabla C^s) = 0 & \text{sur } (\partial\Omega_s - \Gamma_N) \\ \frac{\partial C^g}{\partial t} = \nabla \cdot (\underline{D}_g \nabla C^g) - \nabla \cdot (u C^g) & \text{dans } (\Omega_g) \\ C^g = C_0 H(t - \varepsilon) & \text{sur } (\Gamma_D) \\ C^g = \frac{C^s}{H_0} & \text{sur } (\Gamma_N) \\ -n \cdot (-\underline{D}_g \nabla C^g + u C^g) = 0 & \text{sur } (\partial\Omega_g - (\Gamma_N \cup \Gamma_D)) \end{cases}$$

La formulation variationnelle, la condition de switch « Dirichlet to Neumann », est donnée par:

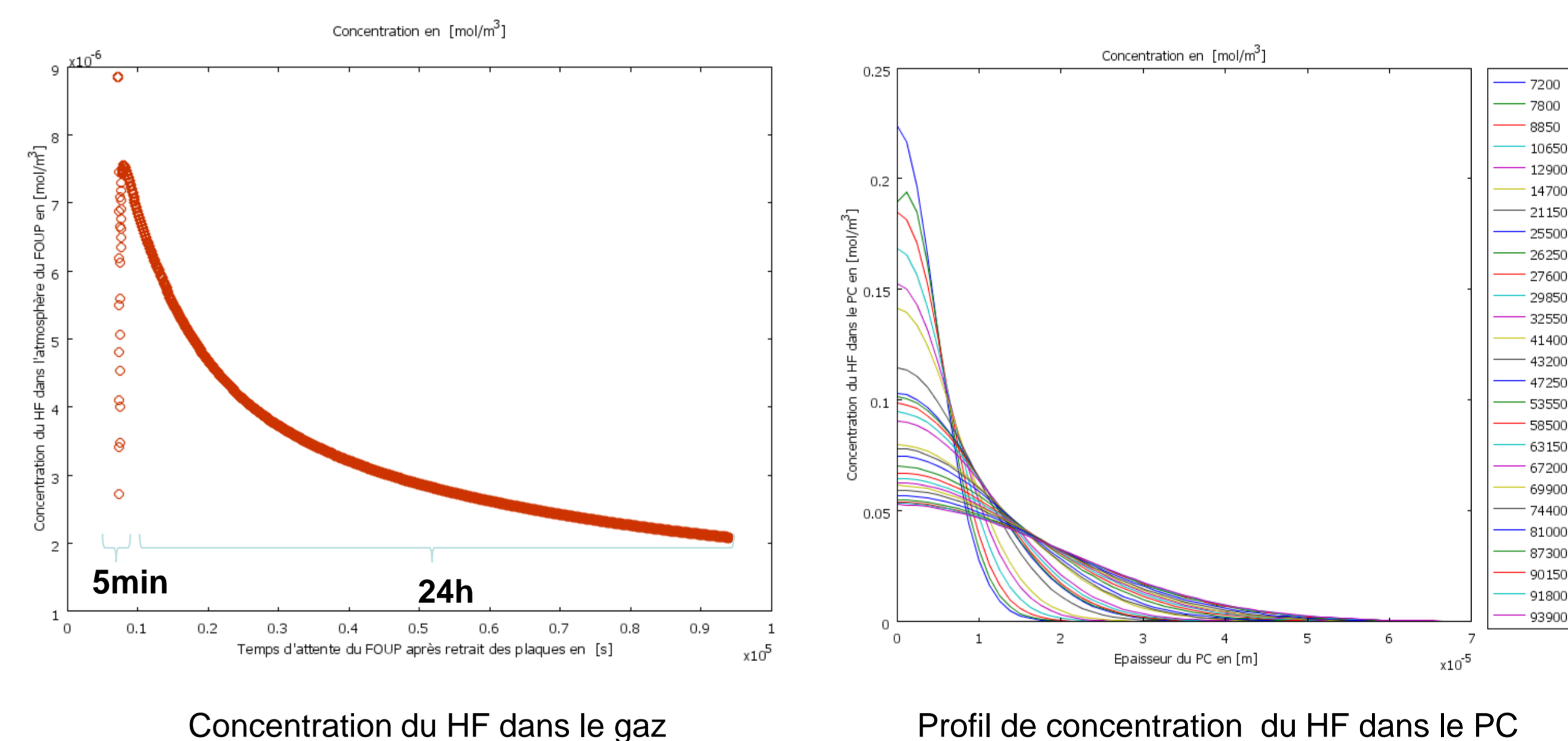
$$\begin{cases} \int_{\Omega_s} \frac{\partial C^s}{\partial t} \phi dV = - \int_{\Omega_s} \underline{D}_s \nabla C^s \cdot \nabla \phi dV + \int_{\partial\Omega_s} \underline{D}_s \nabla C^s \cdot n \phi dS \\ \int_{\Omega_g} \frac{\partial C^g}{\partial t} \psi dV = - \int_{\Omega_g} \underline{D}_g \nabla C^g \cdot \nabla \psi dV + \lambda \int_{\partial\Omega_g} \underline{D}_g \nabla C^g \cdot n \psi dS - \int_{\Omega_g} \nabla \cdot (u C^g) \psi dV \end{cases}$$

Résultats: exemple de scénario simulé pour une membrane en PC

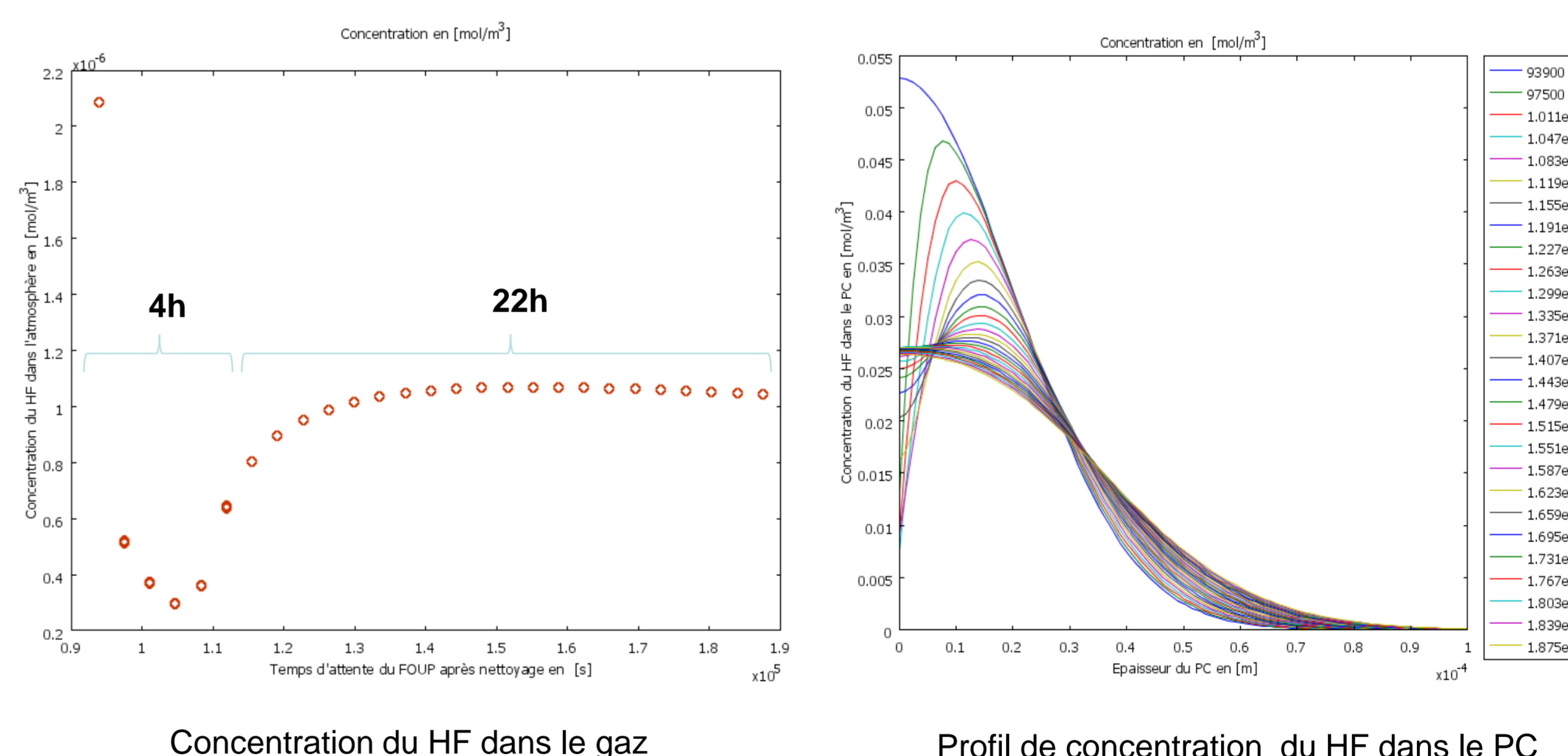
1) Contamination de 1h à 1000ppbv de HF + phase d'attente de 1h



2) Ouverture du FOUP (renouvellement de l'air du FOUP) pendant 5 min + attente de 24h



3) Décontamination de 4h par purge à température ambiante + suivi pendant 22h



Conclusions et perspectives:

Le modèle de la membrane est pertinent pour une première approximation et pour des études de comportement (contaminant/polymère). Une modélisation multiéchelle est nécessaire à l'échelle du FOUP.

Références: J. CRANCK Mathematics for diffusion, S.R GROOT, P. MAZUR Non equilibrium thermodynamics.

N.SANTATRINIAINA a été financé par la Fondation Rennes 1 dans le cadre du projet Masters Internationaux promotion 2011