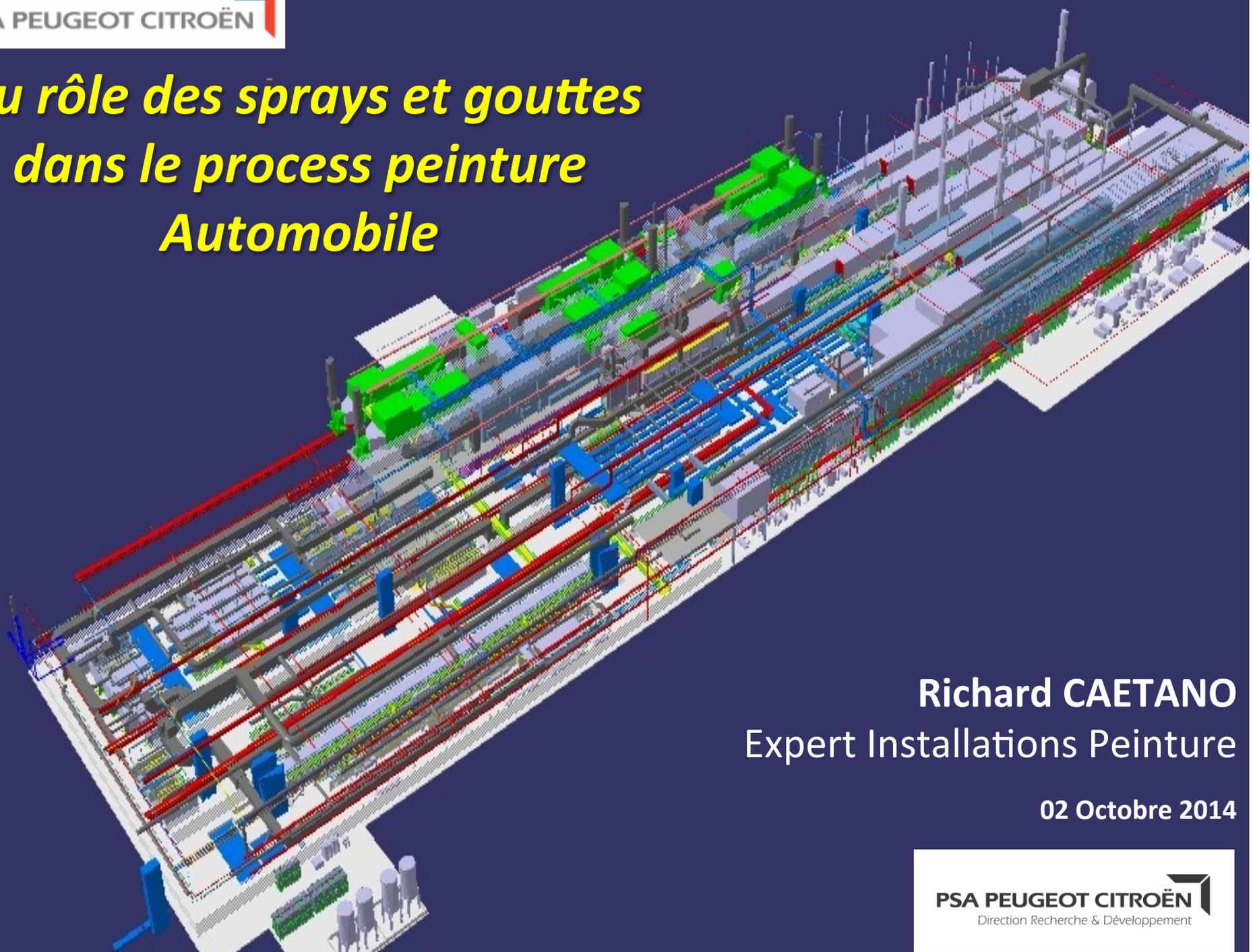


Du rôle des sprays et gouttes dans le process peinture Automobile



Richard CAETANO
Expert Installations Peinture

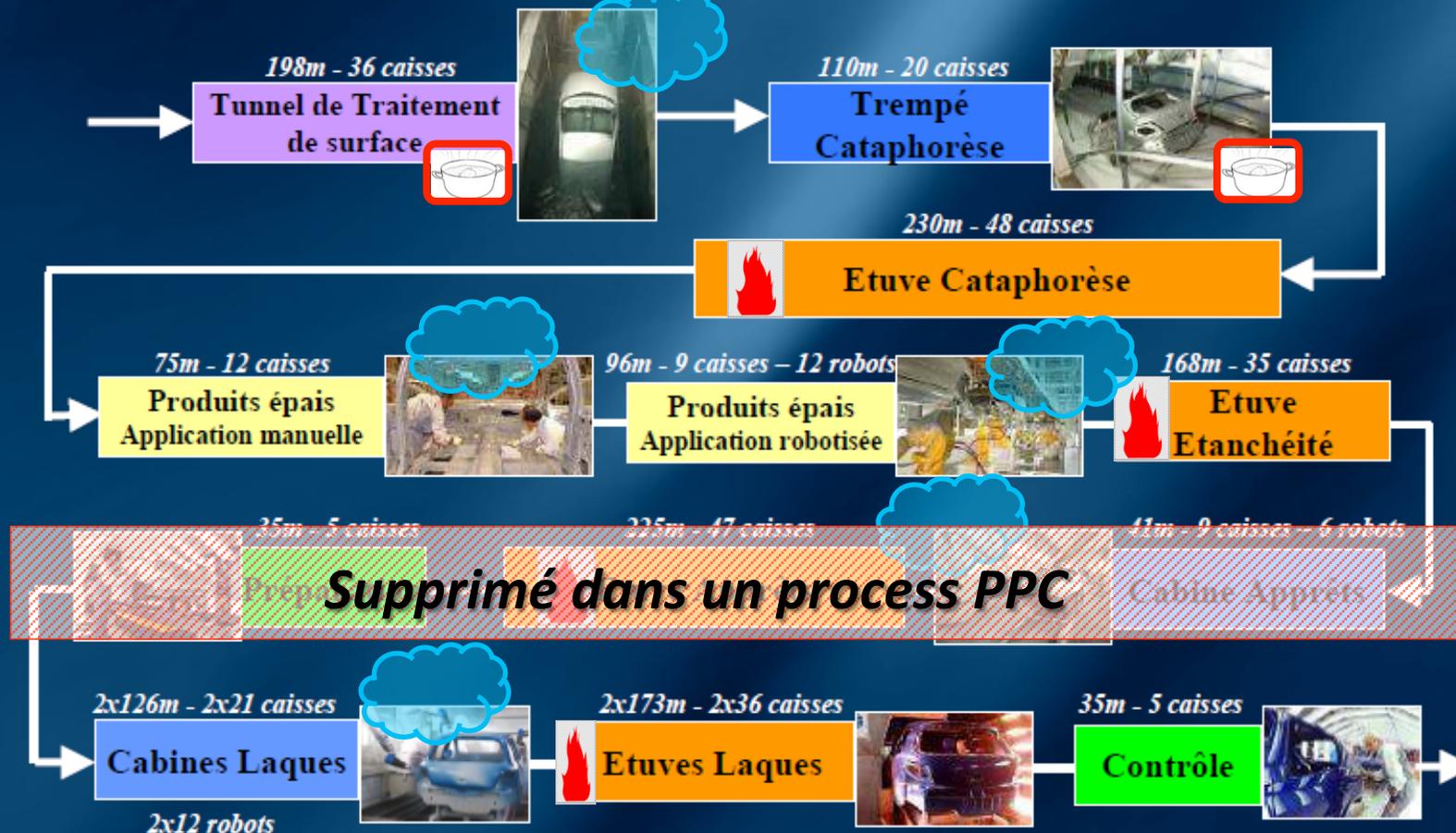
02 Octobre 2014

Processus de Fabrication

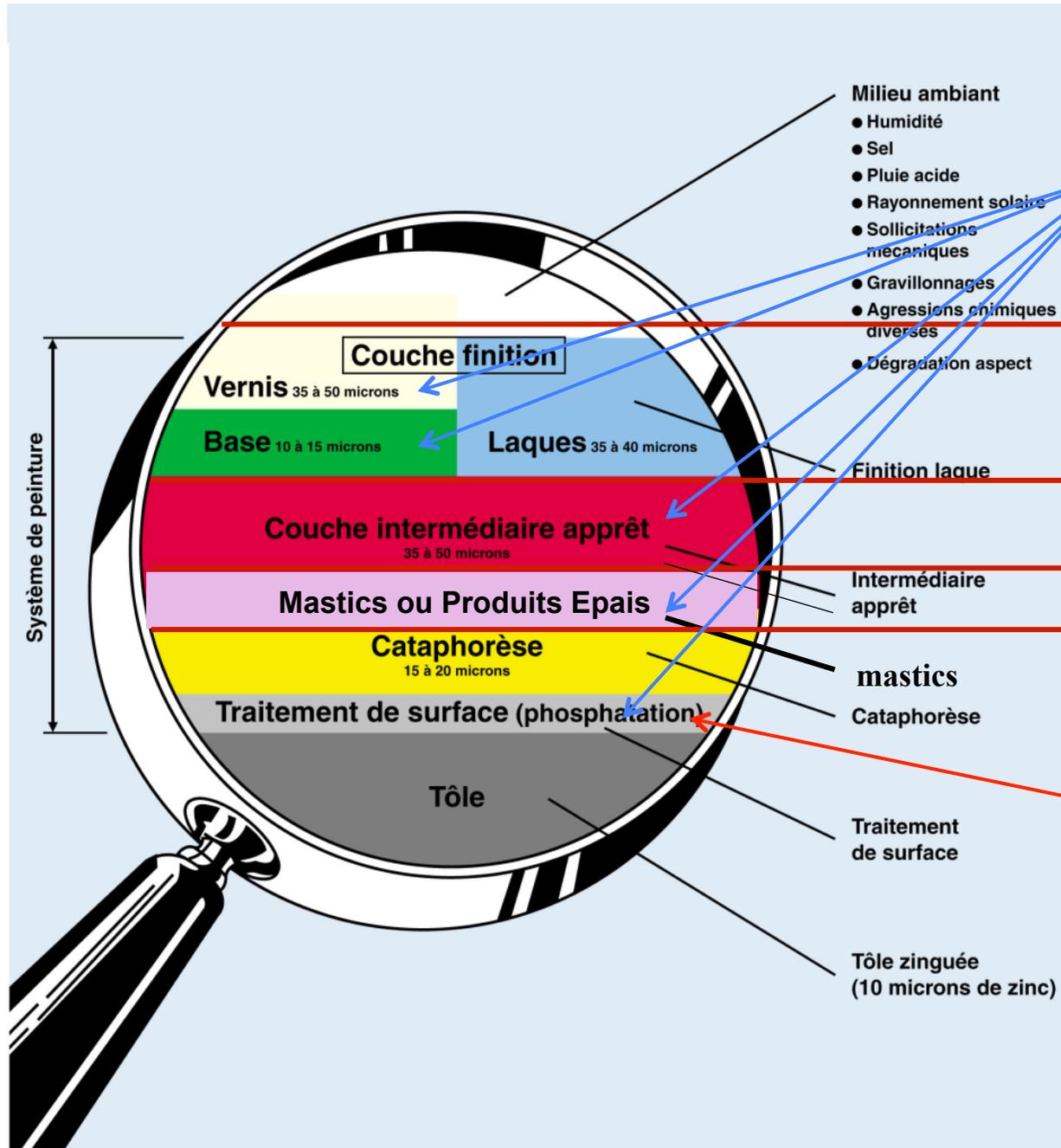
Métier Peinture - Périmètre



- **Processus** avec longueurs et encours process pour un atelier 55 VHN type TRNAVA



LE FEUIL PEINTURE



- Milieu ambiant**
- Humidité
 - Sel
 - Pluie acide
 - Rayonnement solaire
 - Sollicitations mécaniques
 - Gravillonnages
 - Agressions chimiques diverses
 - Dégradation aspect

Air conditionné
20 à 25°C – 50 à 65 % HR

Cuisson
140 à 150°C

Cuisson
140 à 150°C

Précuisson
140°C

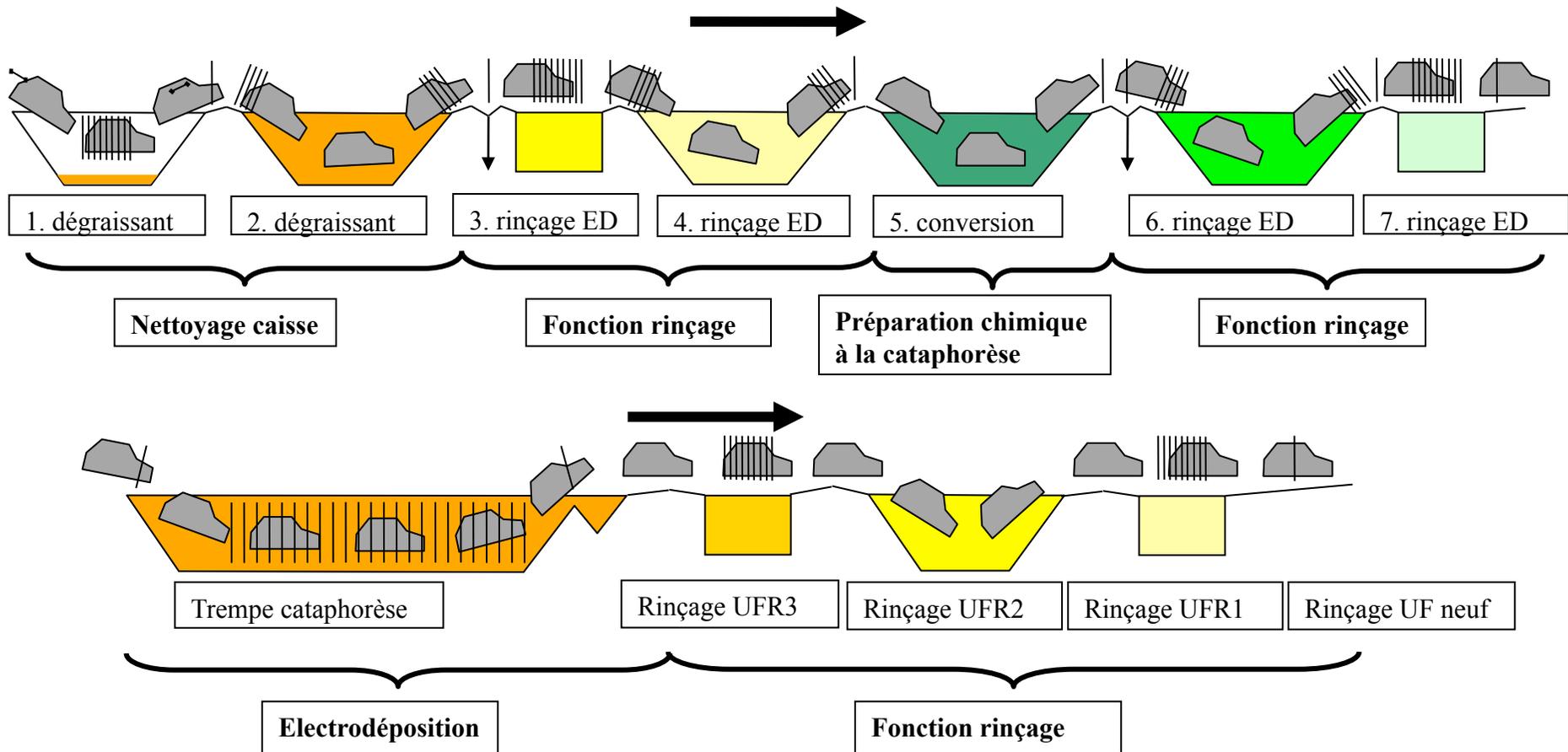
Cuisson
160 à 200°C

Eau Chaude
50 à 60°C

TRAITEMENT DE SURFACE (TTS) & CATAPHORESE



Succession d'étapes de lavage caisses puis de protection à la corrosion avant peinture



LE TRAITEMENT DE SURFACE (TTS)

Immersion



Aspersion



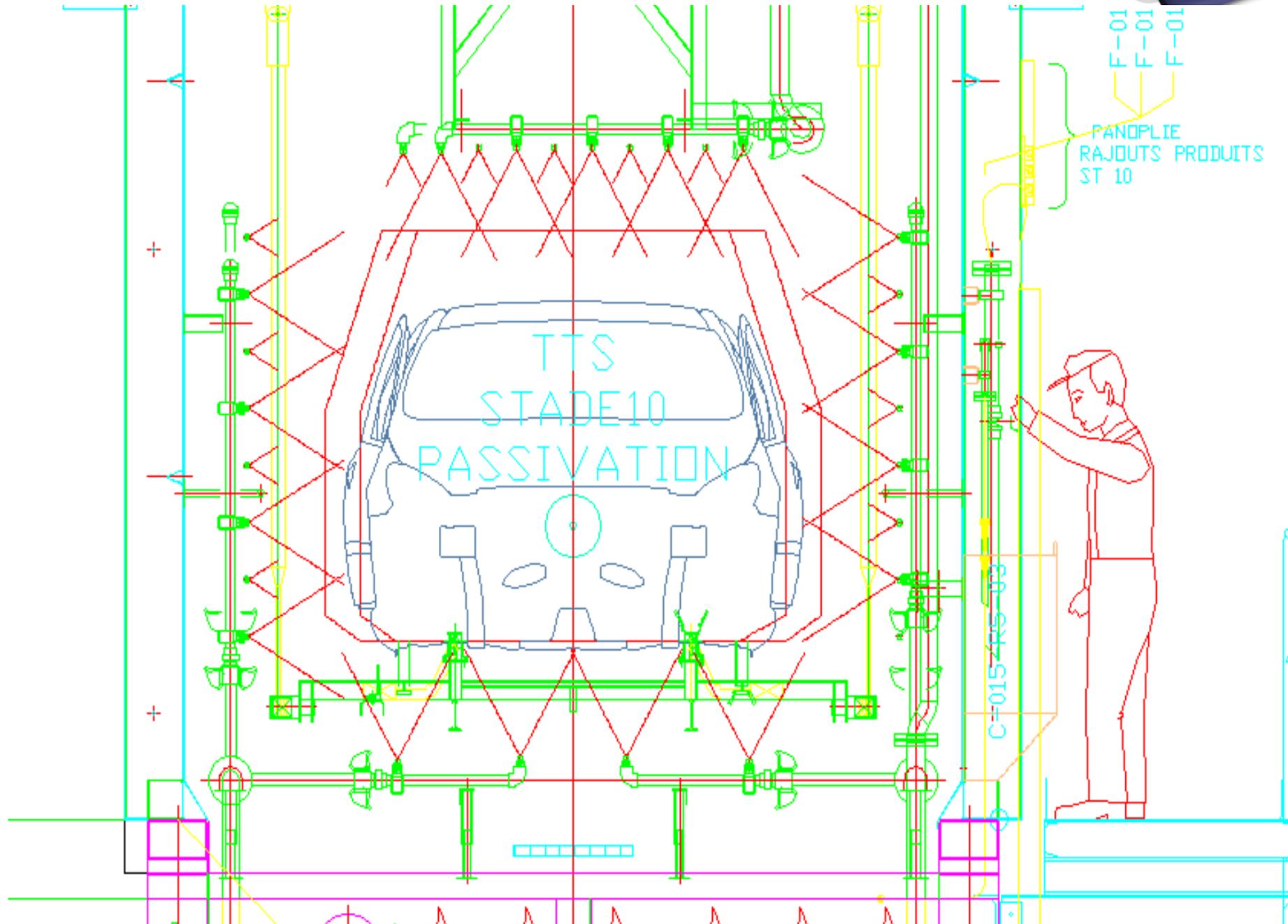
Aspersion



Stades en aspersion : exemples



Coupe d'une aspersion

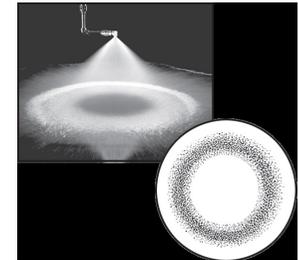


LE TRAITEMENT DE SURFACE (TTS)

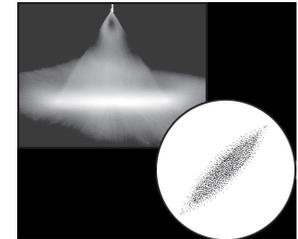


Buses utilisées de marque Spraying Systems Emani

=> Etape Phosphatation : buses Whirl Jet (jet à cône creux): bonne atomisation et surtout un orifice large qui limite le bouchage



=> Etapes dégraissants et rinçages : Vee Jet (jet plat) utilisées pour avoir de l'impact sur la caisse



=> Rampes de mouillage interstades (pour éviter l'oxydation suite à arrêts prolongés) : Whirl Jet pour avoir des petits débits



=> Rinçages cataphorèse : Flat jet (jet plat avec impact). Permettent de limiter les problème de mousse



Pas de réels calculs théoriques, plutôt des tests et des retours d'expérience

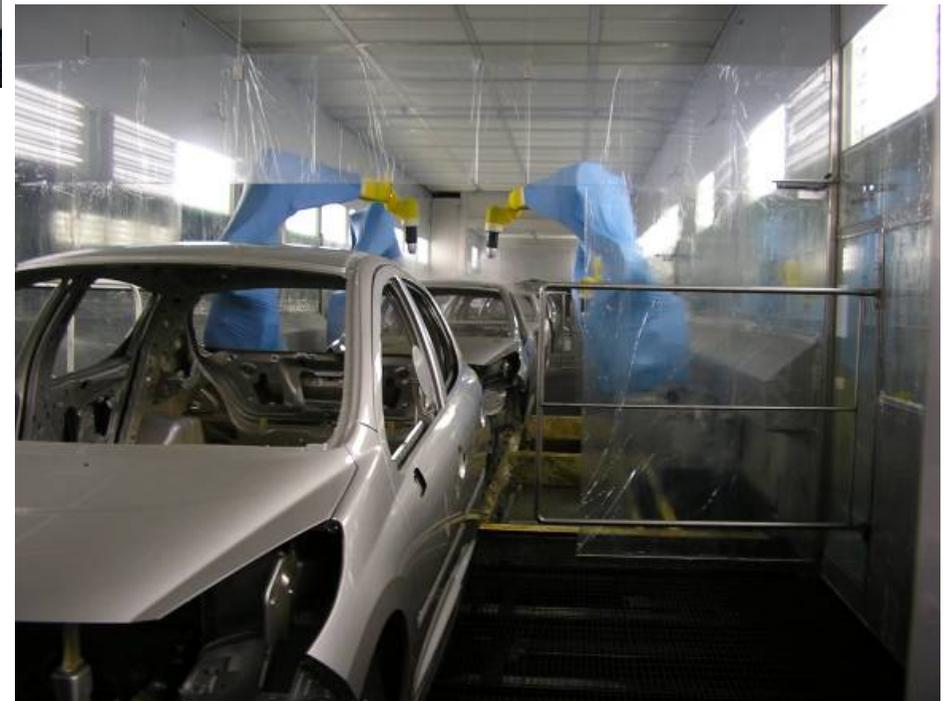
CABINES D'APPLICATION



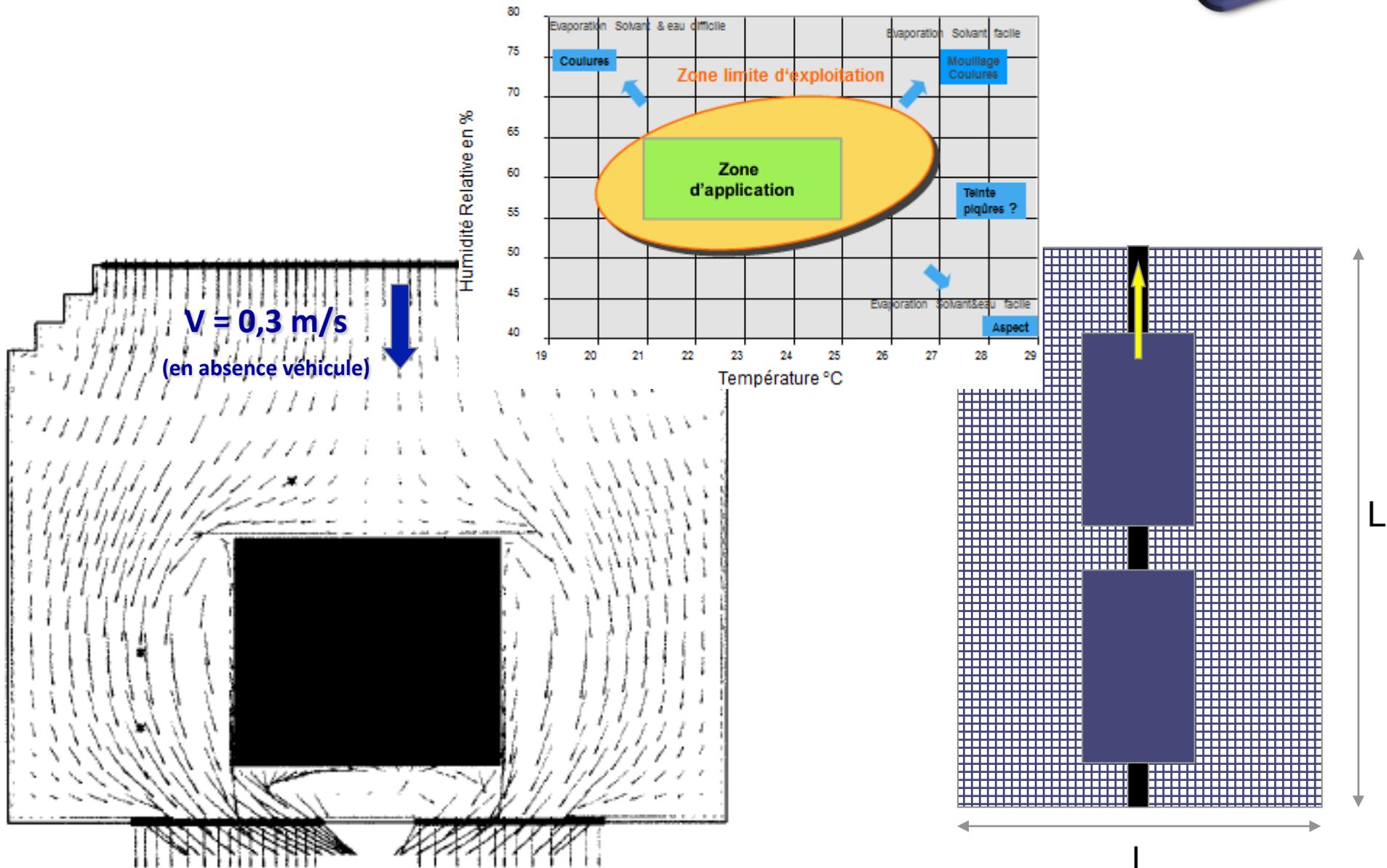
Enceinte qui a pour fonction principale de maintenir autour du véhicule les conditions nécessaires à une bonne application peinture.

Principales caractéristiques physiques mises en jeu :

- Vitesses (m/s), Débits (m^3/h , kg/h)
- Humidité, Hygrométrie (H%)
- Empoussièrement, Concentrations polluants (mg/Nm^3)
- Pressions (Pa, atm)
- Températures ($^{\circ}\text{C}$, K)
- Puissances (kWh)

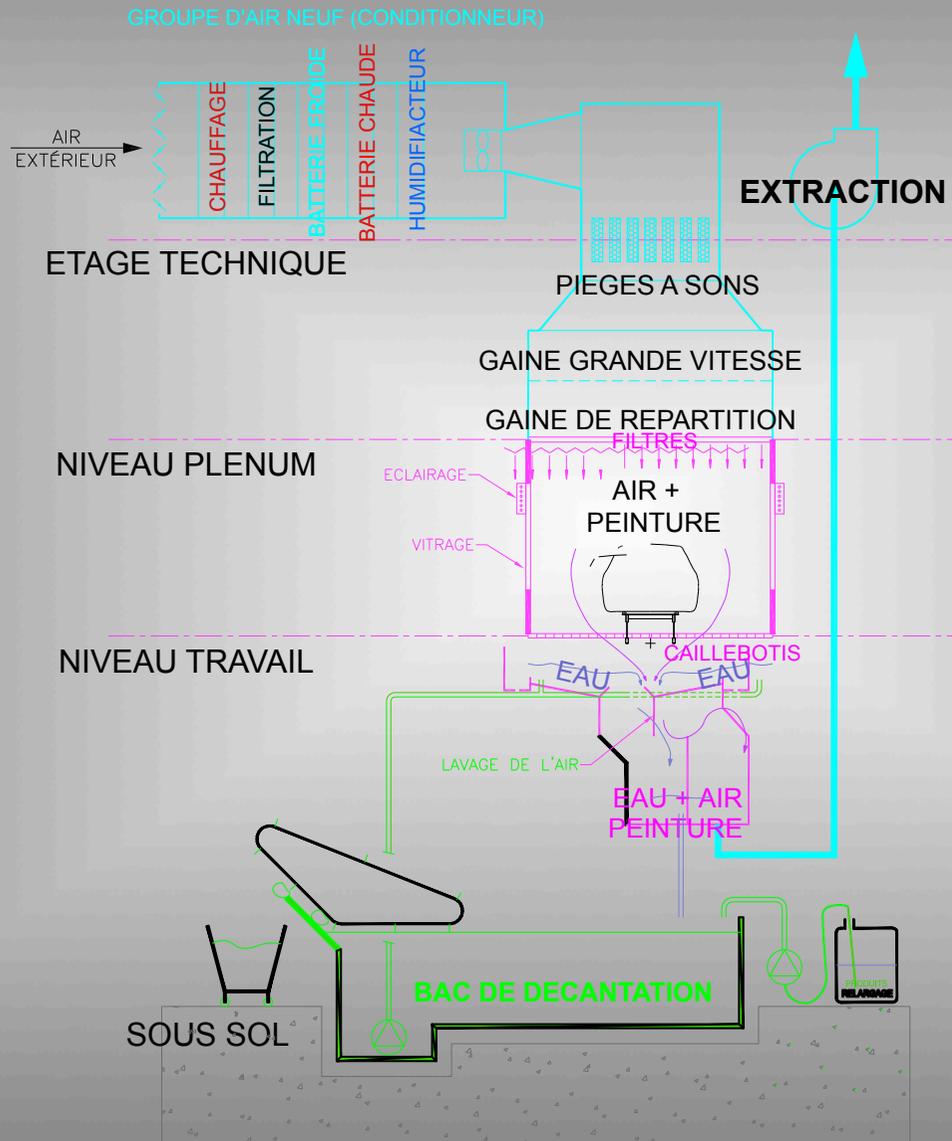


Aérodynamique souhaitée en cabine



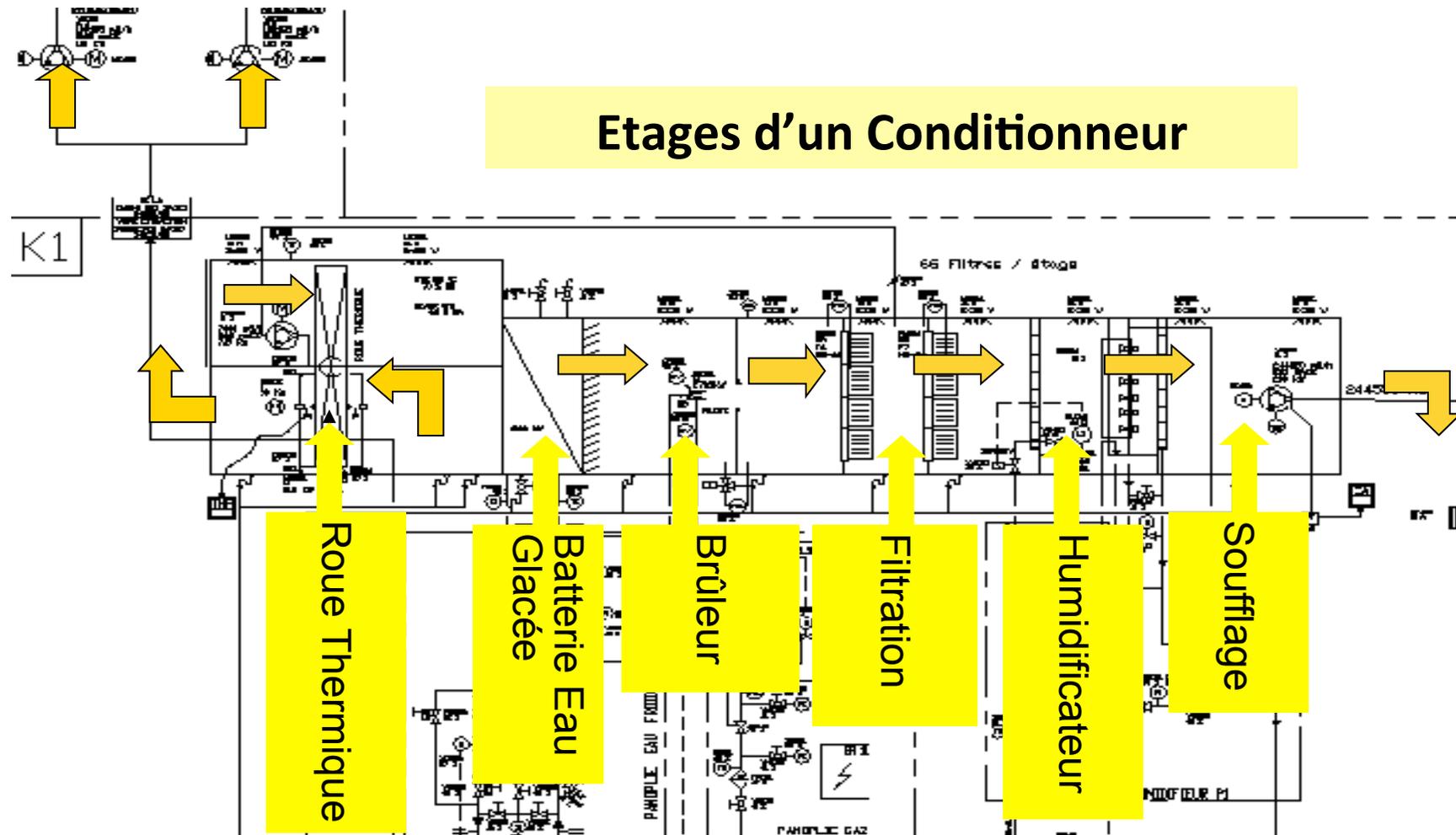
CABINES D'APPLICATION

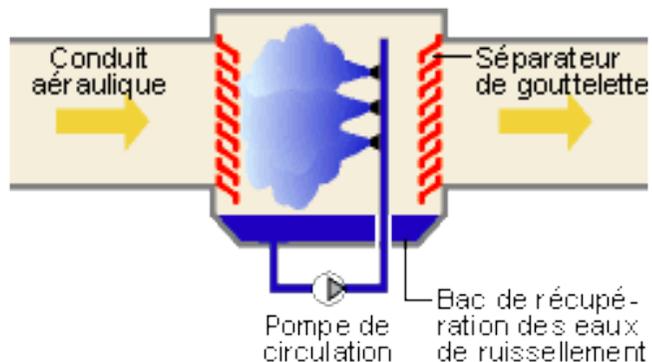
SCHEMA DE PRINCIPE PROCESS CABINE



PI: 1 cabine bases = 200 000 à 400 000 m³/h
1 cabine vernis = 150 000 à 250 000 m³/h

Etages d'un Conditionneur





Principe

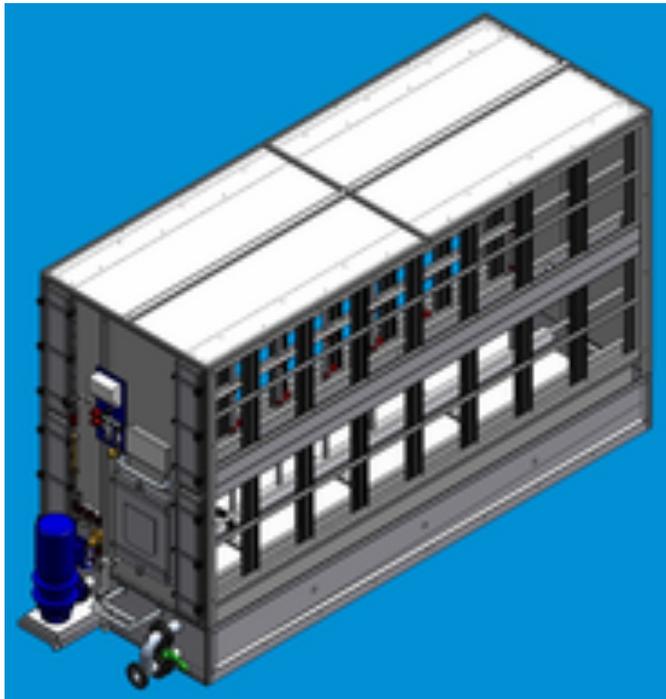
Pulvérisation d'eau froide sous forme de brouillard et micro-gouttelettes au moyen de buses et panoplie de réglage. L'ensemble est associé à un séparateur de gouttelettes (dévésiculeur).



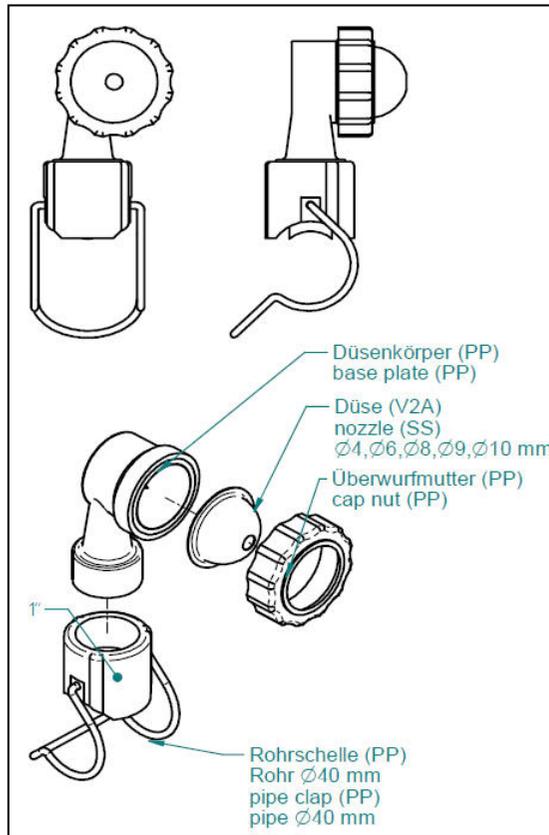
Sprays et Gouttelettes => Humidification de l'air



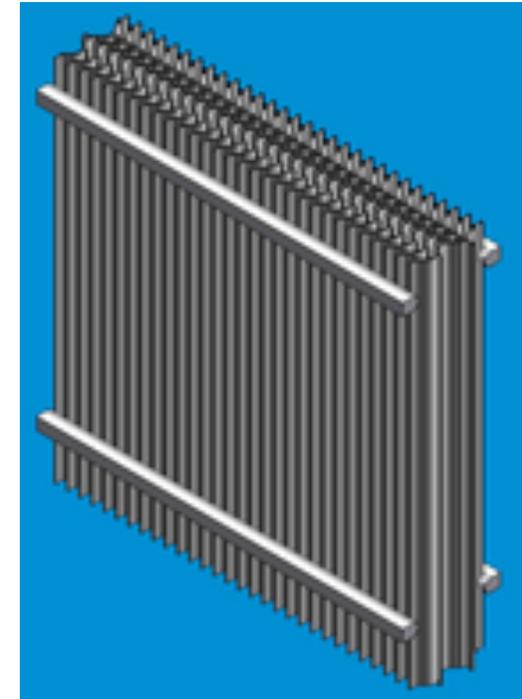
Module placé dans le conditionneur d'air



Buses d'humidification



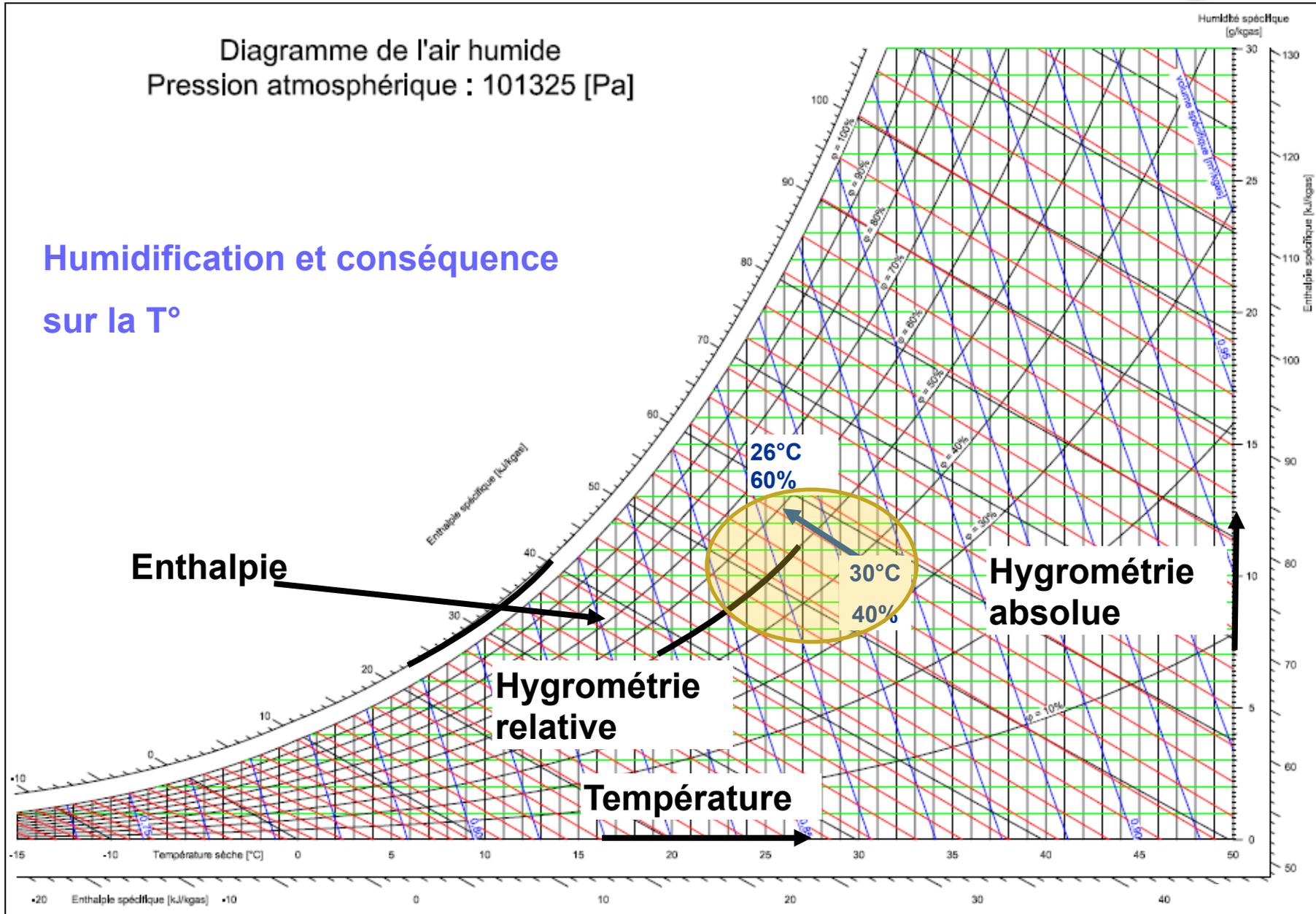
Dévésiculeur



Évolution dans le diagramme de l'air humide

- Dans l'humidificateur, les micro-gouttelettes passent de l'état liquide (eau) à l'état gazeux (vapeur). Ce changement d'état demande de la chaleur (dite "chaleur de vaporisation").
- Cette chaleur est prise sur l'air qui se refroidit en traversant le caisson (semblable à l'impression de froid ressentie en sortant du bain : l'eau présente sur notre peau s'évapore, en prenant la chaleur de vaporisation sur notre corps ... qui se refroidit!).
- Le bilan énergétique global est neutre : la chaleur perdue par l'air est transférée dans la vapeur d'eau contenue dans l'air. On parle d'un bilan enthalpique neutre. On dit encore qu'il s'agit d'un humidificateur isenthalpique ou adiabatique. Dans le diagramme de l'air humide, l'air subit un refroidissement dessiné le long d'une isenthalpe.
- **Remarques:**
 - *En réalité, cette évolution s'écarte légèrement d'une isenthalpe, car on devrait tenir compte de l'enthalpie de l'eau froide, mais la différence est négligeable (notamment par recyclage du fond de bac).*
 - *Humidification vapeur*

Humidification et conséquence sur la T°



PPH 708, informations techniques SAMES

Accubell 708



Caractéristiques Nouvel Accubell 708

- ✓ Débit peinture : 50 à 1000* cc/min
- ✓ Vitesse turbine : 20 à 70 000 tr/min
- ✓ Haute tension : 0 à 90 kV
- ✓ Ø Bols : EC 35 / 50 / 65 / 80 mm
- ✓ Temps de changement de teinte: 10s + 1s/50cc remplis
- ✓ Alimentation peinture: 3l/min sous 6bar dynamique
- ✓ Air jupe : 150 à 700 NI/min à 6 bar
- ✓ 2 circuits (hydro + solvanté)
- ✓ Capacités 500 et 800cc

* : le débit peut aller au-delà sous réserve d'une qualité d'application satisfaisante.



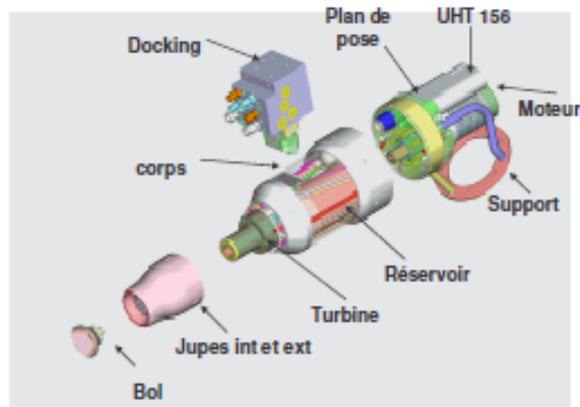
SAMES Accubell 708 Fr



Accubell 708



Accubell 708 – 500cc



SAMES Accubell 708 Fr

Accubell 708



Evolution Turbine :

- Ancienne Turbine 607 :
 - ✓ 45 000 tr/min max
 - ✓ 800 cc/min max
 - ✓ Bol vissé (en standard)
- THV Turbine Haute Vitesse :
 - ✓ 70 000 tr/min max
 - ✓ 1000 cc/min max
 - ✓ Clip magnétique
 - ✓ Echappement arrière-avant (anti condensation et anti salissures)



SAMES Accubell 708 Fr

APPLICATION PEINTURE

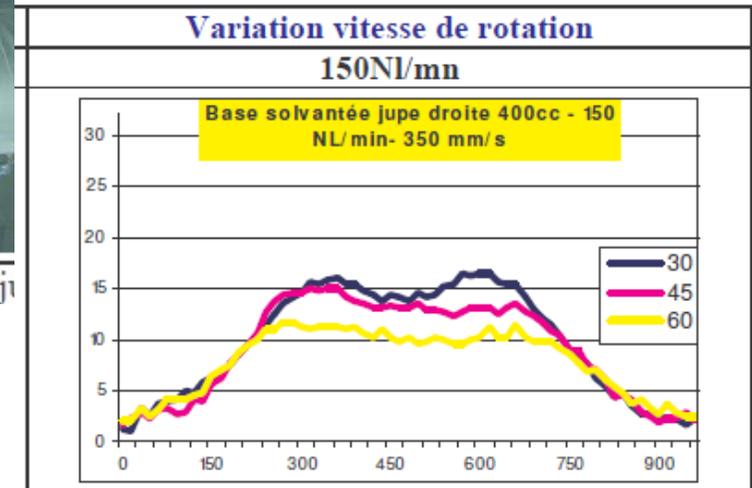
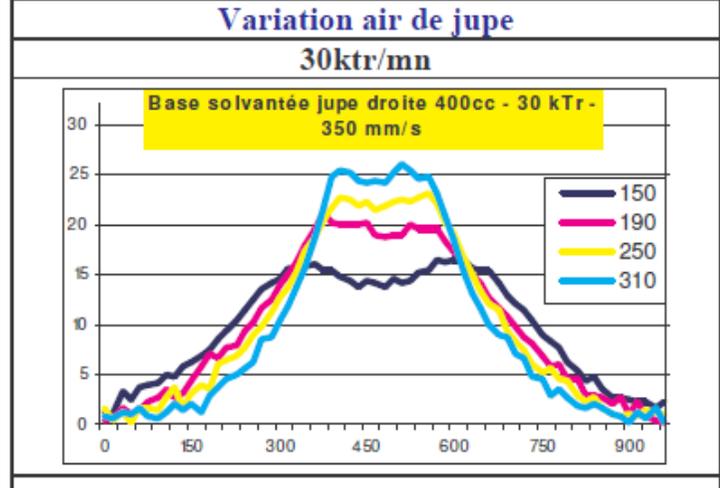
=> influence des paramètres AJ et vitesse de rotation

Débit 600cc, jupe droite 0.8mm,		
170 NI/mn, 30ktr	240 NI/mn,	320 NI/mn
Vitesse de rotation = 30ktr		
Impact = 590mm	Impact = 410mm	Impact = 334mm
		

Vitesse de rotation = 45ktr		
Impact = 618mm	Impact = 498mm	Impact = 331mm
		

Visuellement le jet pulvérisé n'a pas la même forme en fonction des airs de jupe

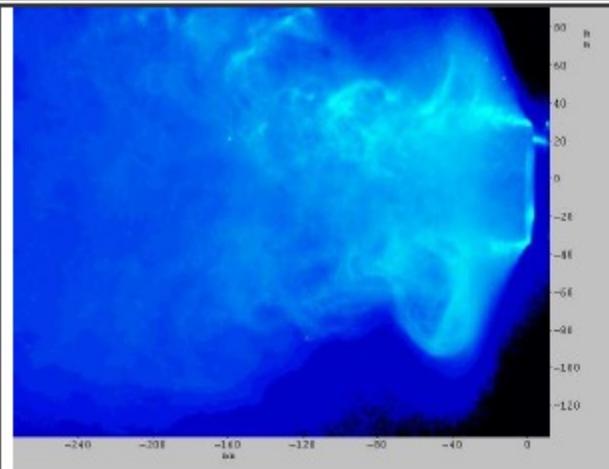
Représentation des variations de paramètres



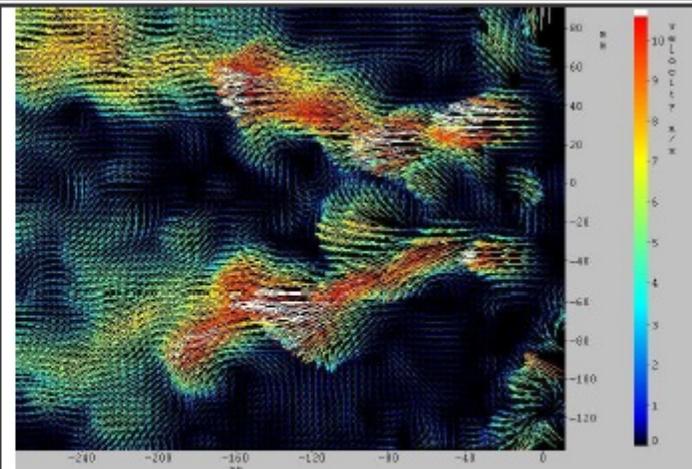
APPLICATION PEINTURE

=> Influence des produits

Matière	Essai n°	Diamètre Jupe	Paramètres d'application			Valeur granulométrie					
			débit cc/mn	V rot rpm	Air jupe NI/mn	D10	RMS	DV10	DV50	DV90	CHn
Vernis 1K	B1	D - 0.8	600	30	320	36,91	19,37	37,27	59,99	82,6	0,52
	B4	D - 0.8	600	45	320	30,6	15,65	27,34	52,06	82,61	0,51
	B6	D - 0.8	600	60	320	26,89	12,56	22,6	42,81	64,59	0,47
Gris Alu Hydro	A9	D - 0.8	600	30	320	32,9	18,31	32,47	60,06	85,67	0,56
	A12	D - 0.8	600	45	320	30,06	15,24	26,67	52,12	79,67	0,51
	A14	D - 0.8	600	60	320	27,67	12,74	23,01	44,01	66,93	0,46
Gris Alu Solvant	C15	D - 0.8	600	30	320	31,45	17,05	29,65	56,36	89,5	0,54
	C19	D - 0.8	600	45	320	30,55	14,96	27,18	50,15	84,55	0,49
	C23	D - 0.8	600	60	320	27,61	12,08	22,68	41,66	68,19	0,44

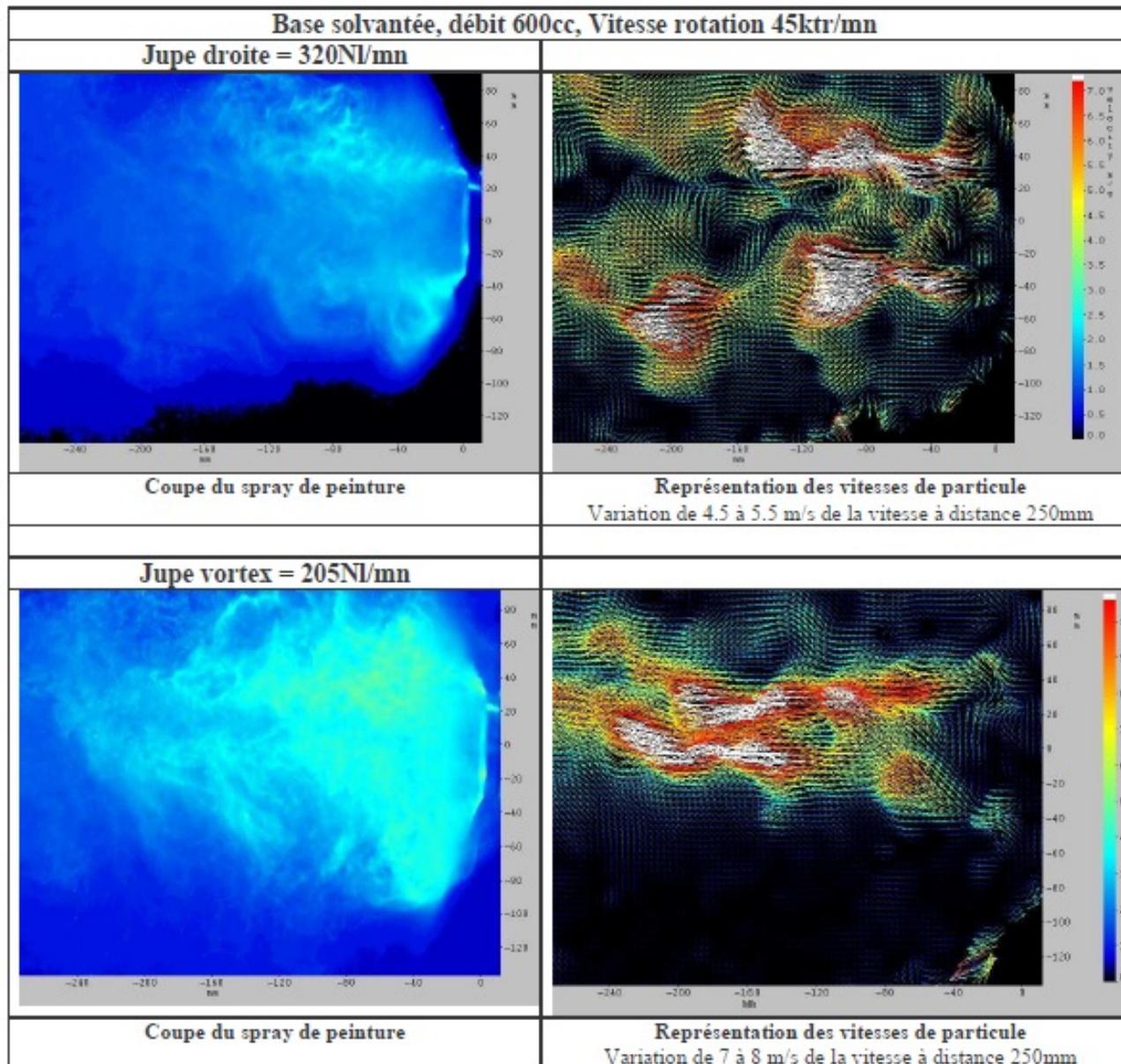


Coupe du spray de peinture



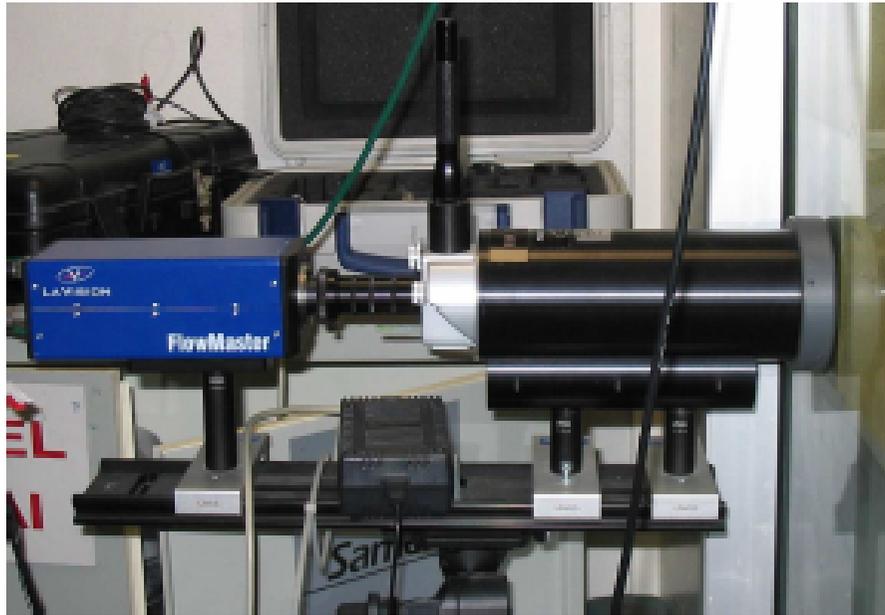
Représentation des vitesses de particule
Variation de 5 à 8m/s de la vitesse à 230mm

3.6.3.3 Comparaison jupe droite / jupe vortex



APPLICATION PEINTURE

=> *Mesure de la Granulométrie des particules de peinture*



Mesure de taille de particules :

Elle est basée sur la technique d'ombroscopie : un faisceau laser de forte puissance illumine les gouttelettes de peinture, une caméra haute résolution équipée d'un microscope enregistre l'ombre des gouttelettes. Les mesures sont effectuées dans une fenêtre de 1.5 mm².

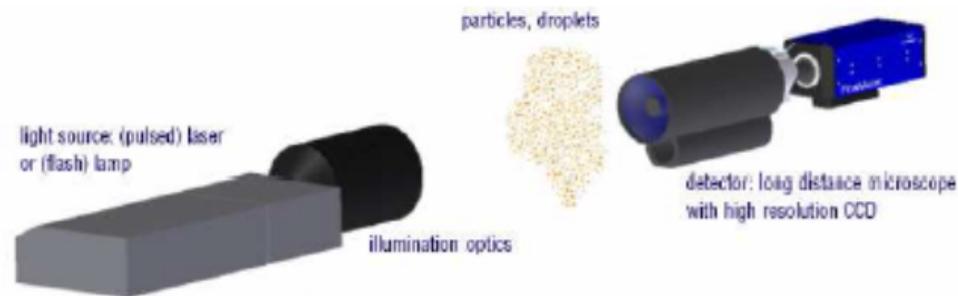
Trois séries de 37 photos chacune sont effectuées pour chaque point de mesure choisi.

Après traitement, nous récupérons des fichiers contenant des informations suivantes : nombre de particules détectées, diamètre moyen, diamètre de Sauter D32, écart type (RMS), les diamètres D(v,10), D(v,50) et D(v,90) etc..

APPLICATION PEINTURE

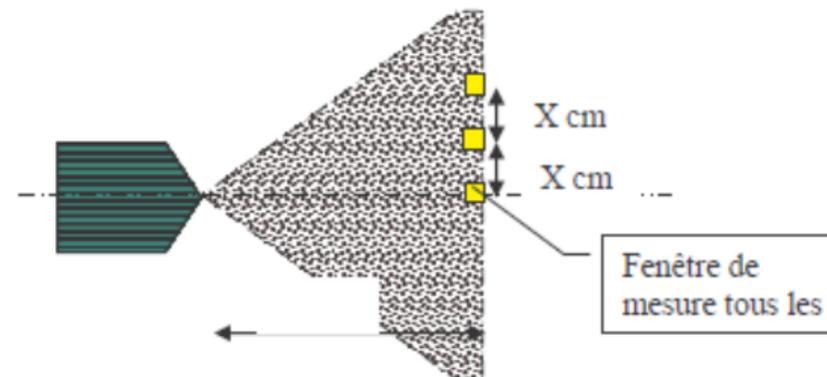
=> *Mesure de la Granulométrie des particules de peinture*

Analyse granulométrique par ombroscopie laser.



Principe de mesure :

Pour chaque pulvérisation trois mesures consécutives sont faites tous les 5 cm à partir de l'axe central du pulvérisateur et à une distance de pulvérisation de 250 mm



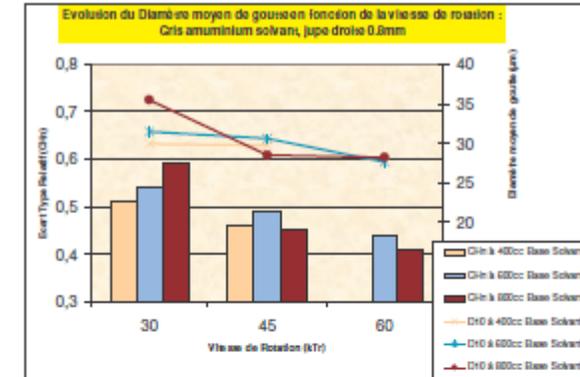
Les pulvérisateurs produisent des gouttelettes de petite et grande taille. Selon le type de buse et la pression, la taille moyenne des gouttelettes (ainsi que la distribution des gouttelettes) varie. On caractérise la pulvérisation par le diamètre moyen de leurs gouttelettes de différentes manières

APPLICATION PEINTURE

=> Mesure de la Granulométrie des particules de peinture

Essai n°	Diamètre Jupe	Paramètres d'application			Valeur granulométrie					
		débit cc/mm	V rot rpm	Air jupe NI/mn	D10	RMS	DV10	DV50	DV90	CHn
BASE SOLVANTEE : Gris Aluminium Sochoux										
Débit 400cc, jupe droite 0.8mm										
C2	D - 0.8	400	30	190	32,55	17,23	30,84	55,88	77,94	0,53
C3	D - 0.8	400	30	250	29,89	15,27	26,87	51,20	70,29	0,51
C4	D - 0.8	400	30	310	30,31	16,11	27,97	53,32	76,94	0,53
C7	D - 0.8	400	45	250	29,68	13,58	25,94	45,29	66,76	0,46
Débit 600cc, jupe droite 0.8mm										
C14	D - 0.8	600	30	240	34,90	18,85	35,65	59,28	80,94	0,54
C15	D - 0.8	600	30	320	31,45	17,05	29,65	56,36	89,50	0,54
C16	D - 0.8	600	30	400	31,51	16,84	29,85	55,13	80,14	0,53
C19	D - 0.8	600	45	320	30,55	14,96	27,18	50,15	84,55	0,49
C23	D - 0.8	600	60	320	27,61	12,08	22,68	41,66	68,19	0,44

Influence de la vitesse



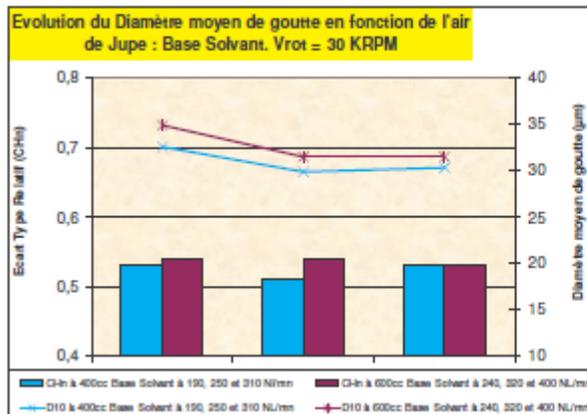
de rotation

Constat :

- L'augmentation de la vitesse de rotation diminue le diamètre moyen (D10) mais surtout réduit la largeur de spectre de répartition (CHN)

- A 800cc, pour une vitesse de rotation de 30ktr/mn, on observe une augmentation brusque du diamètre moyen de particules qui témoigne d'un éclatement insuffisant pour ce débit.

Influence de l'air de jupe



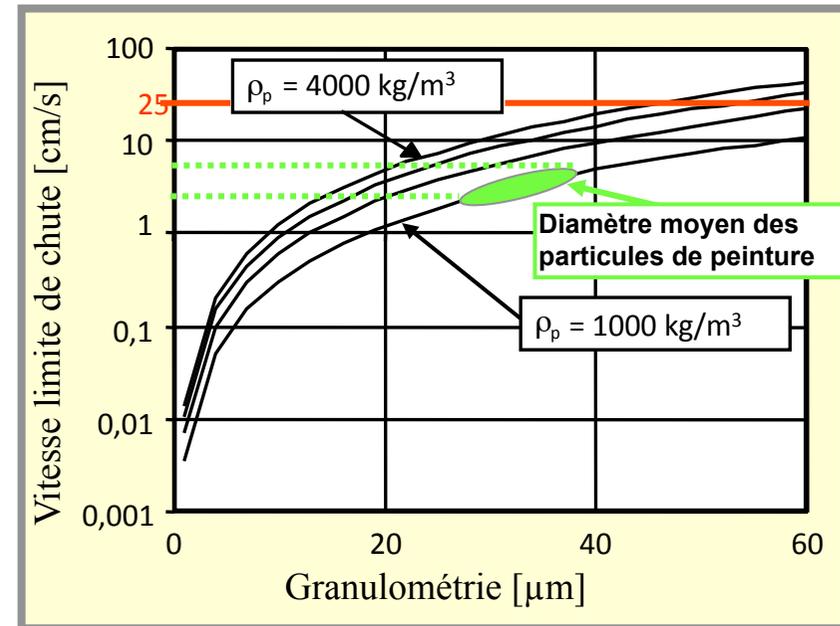
Constat :

- Au delà d'un seuil, l'air de jupe n'influence plus la taille de la goutte
A 400cc, jupe 210NI/mn
A 600cc, jupe 320NI/mn

- L'augmentation de l'air de jupe n'apporte aucun gain sur l'homogénéité dans le jet (CHN)

Les vitesses de chute des particules de peinture les classent dans la catégorie des Aérosols :

Suspension gazeuse de particules solides ou liquides dont la vitesse de chute est inférieure à 25 cm.s^{-1}



Dimension inférieure retenue : **1nm**
(certains virus ou groupes ionisés)

Limite supérieure admise : **100 μm**
(goutte d'eau)

Formes diverses

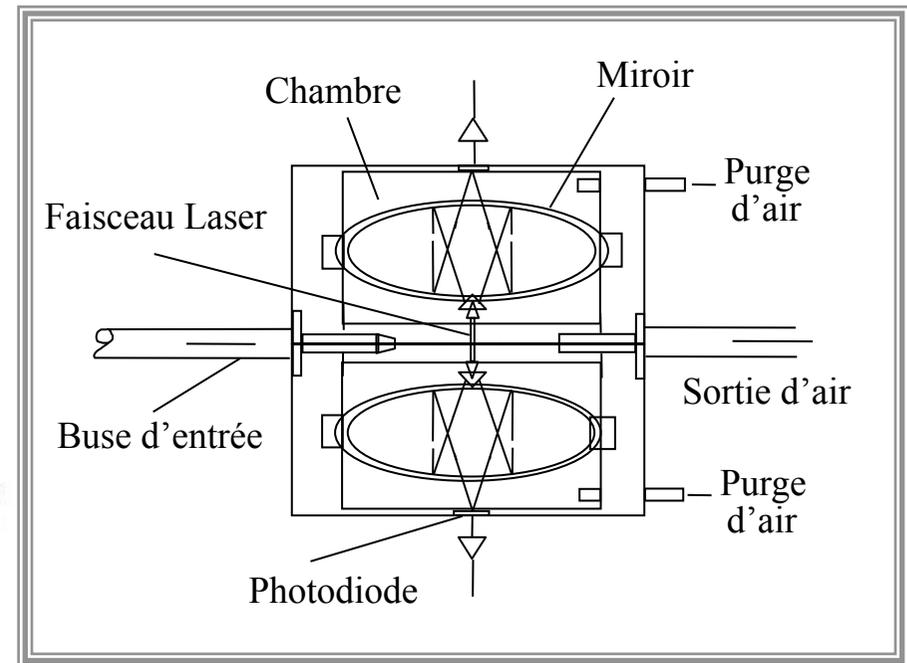
- Sphériques (gouttelettes...)
- Fibreuses (amiante...)
- Polyédriques (NaCl...)
- Quelconques (poussières...)



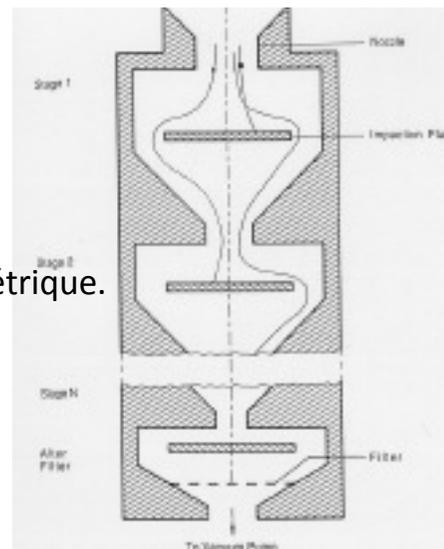
Mesures particulières

- **Compteur de particules:** compteur optique dont le principe est basé sur la rétrodiffusion d'une source lumineuse. Le signal mesuré est retranscrit en diamètre de particules sphériques suivant une courbe de calibration

Diamètre optique: diamètre équivalent à celui d'une sphère de latex diffusant la même intensité lumineuse

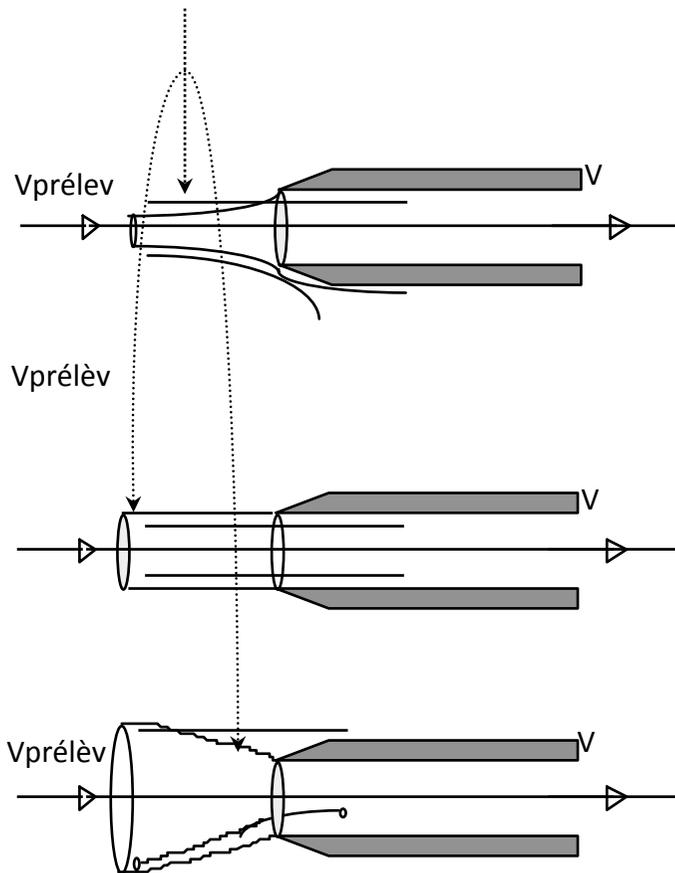


- **Impacteur andersen (en cascade):** système comprenant une succession de plateaux filtrants séparant les particules suivant leur taille. Les plateaux sont ensuite pesés pour calculer la répartition granulométrique.



ISOCINETISME

Enveloppe des filets fluide s'appuyant sur l'ouverture de la sonde



Echantillon par rapport à l'écoulement principal

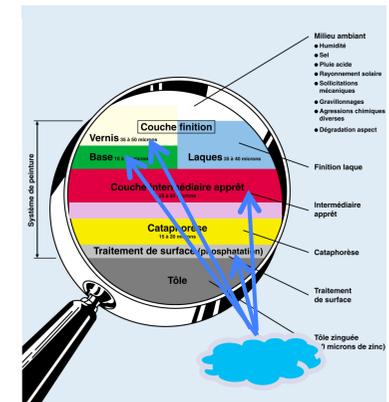
$V/V_{\text{prélèv}} < 1$: enrichi en grosses particules: le tube de courant est divergent à l'approche de l'orifice. Les particules qui possèdent une inertie non négligeable et qui se trouvaient initialement à l'extérieur du tube de courant, traversent la surface limite de ce tube et, finalement, se trouvent captées.

$V/V_{\text{prélèv}} = 1$: représentatif: toutes les particules suivent les lignes de courant qui restent parallèles. L'efficacité de captage est unitaire et indépendante de la taille des particules.

$V/V_{\text{prélèv}} > 1$: appauvri en grosses particules: l'enveloppe des filets fluides a une section supérieure à celle de la sonde; les particules de forte inertie se trouvent à l'extérieur du tube de courant et ne sont pas captées

■ Premier inducteur: Le conditionnement d'air

=> **Intérêt Primordial de diminuer ce débit !!!**



- ❖ Diminuer le débit d'air conditionné, donc la quantité d'eau à transférer. Améliorer la régulation de pulvérisation et l'échange air/spray.
- ❖ Robotisation/Application : Amélioration des Taux de Transferts donc diminution des oversprays
 - => réduction des rejets COV
 - => downsizing des installations de traitement, filtres, énergie, gaz, nettoyage, maintenance

Recyclage d'air

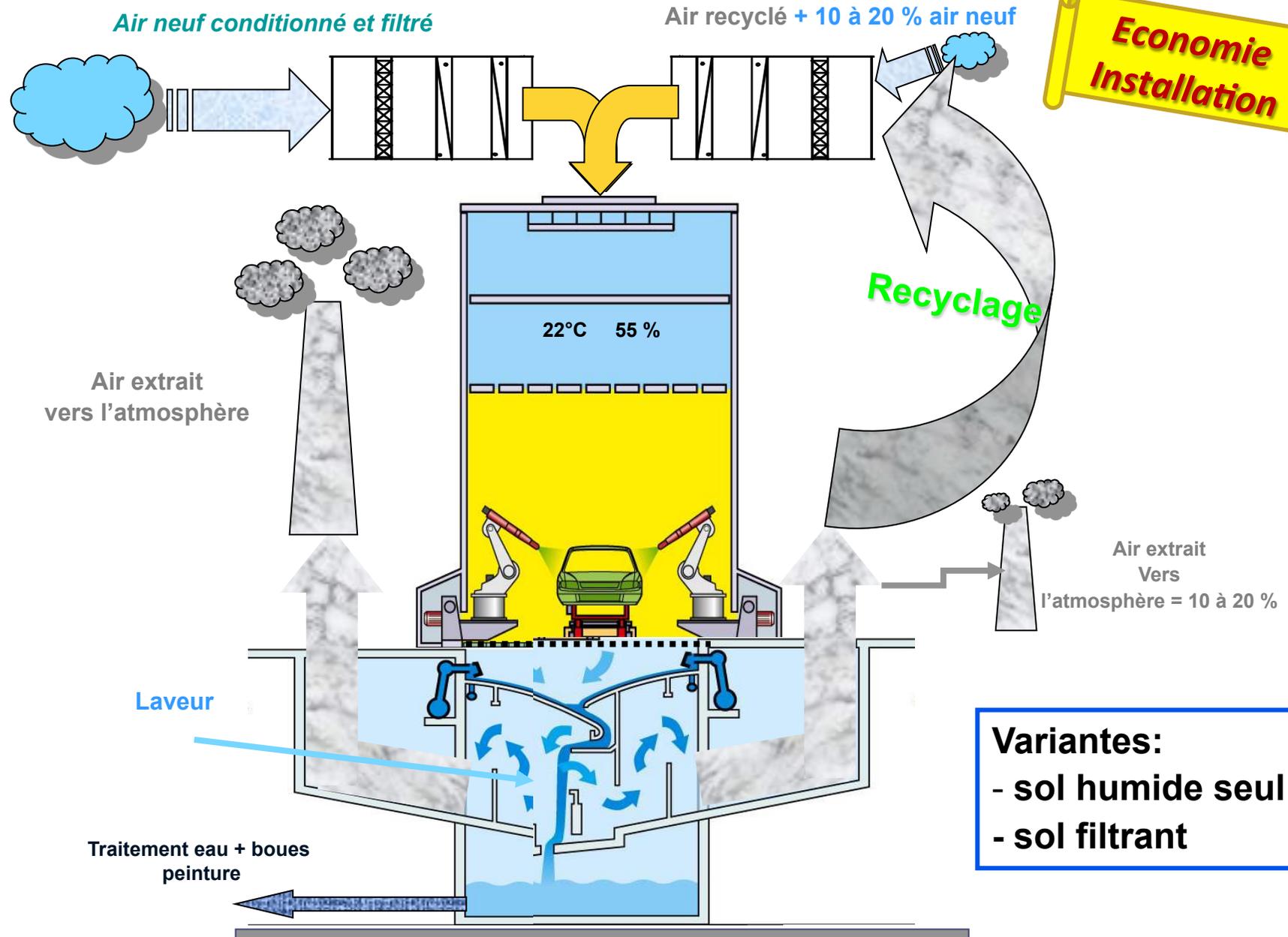
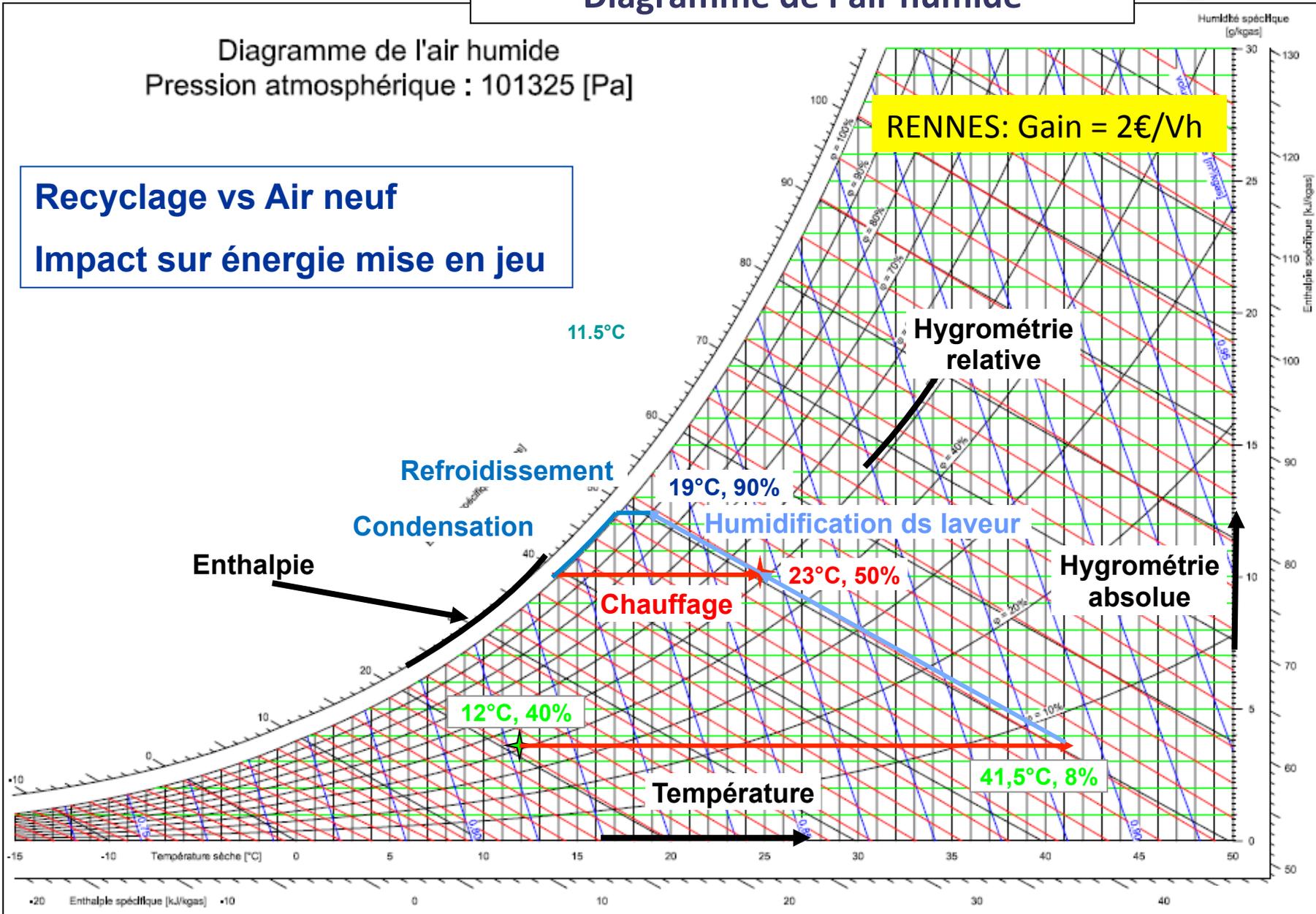


Diagramme de l'air humide

Diagramme de l'air humide
Pression atmosphérique : 101325 [Pa]

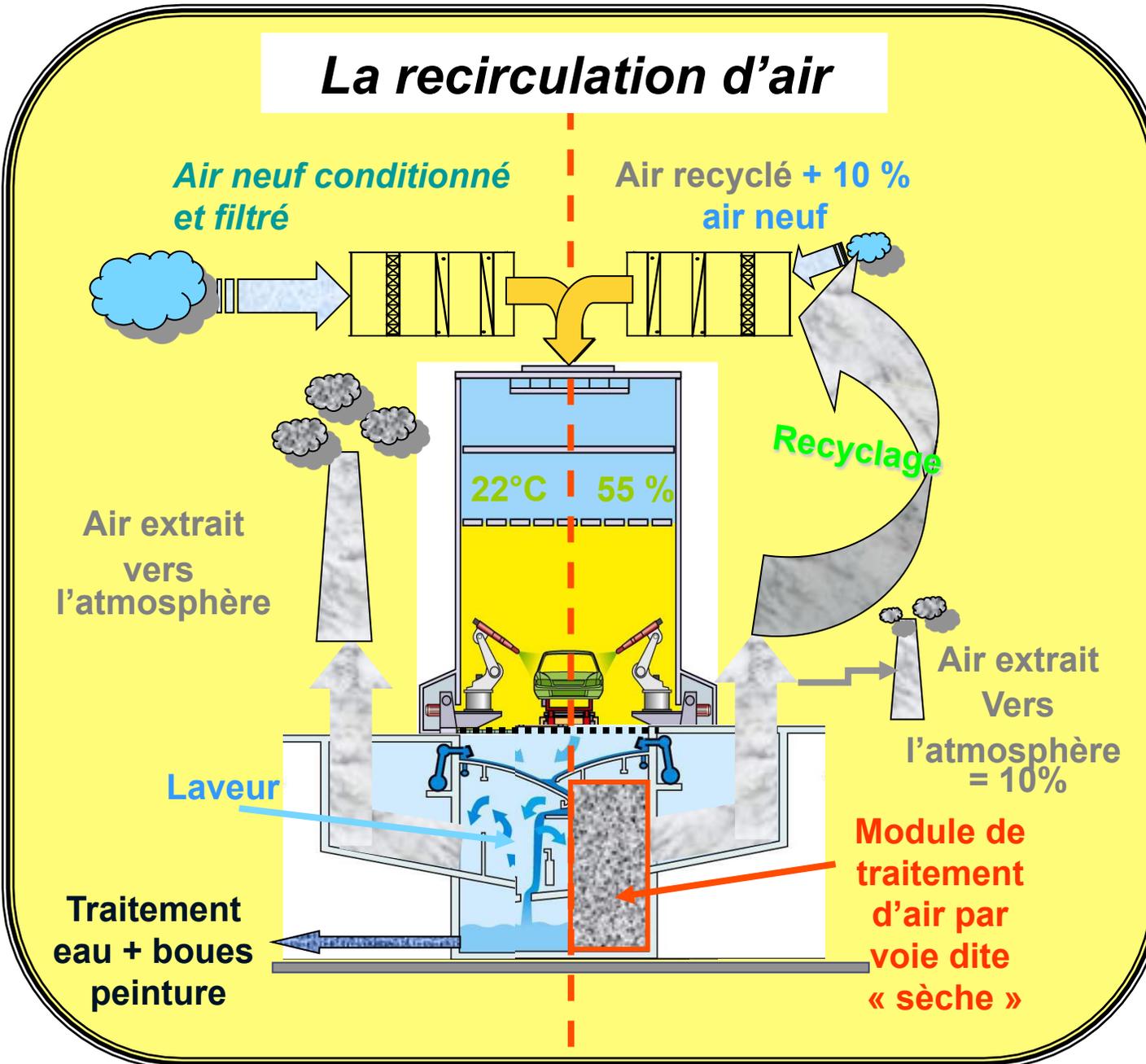
Recyclage vs Air neuf
Impact sur énergie mise en jeu

RENNES: Gain = 2€/Vh



Les nouvelles technologies type « Laveur sec »

La recirculation d'air



2 Principales Technologies:

- Neutralisation overspray par CaCO_3 + filtration
- Séparateur électrostatique à surfaces revêtues

Innovations

Laveurs Secs combinés au recyclage d'air

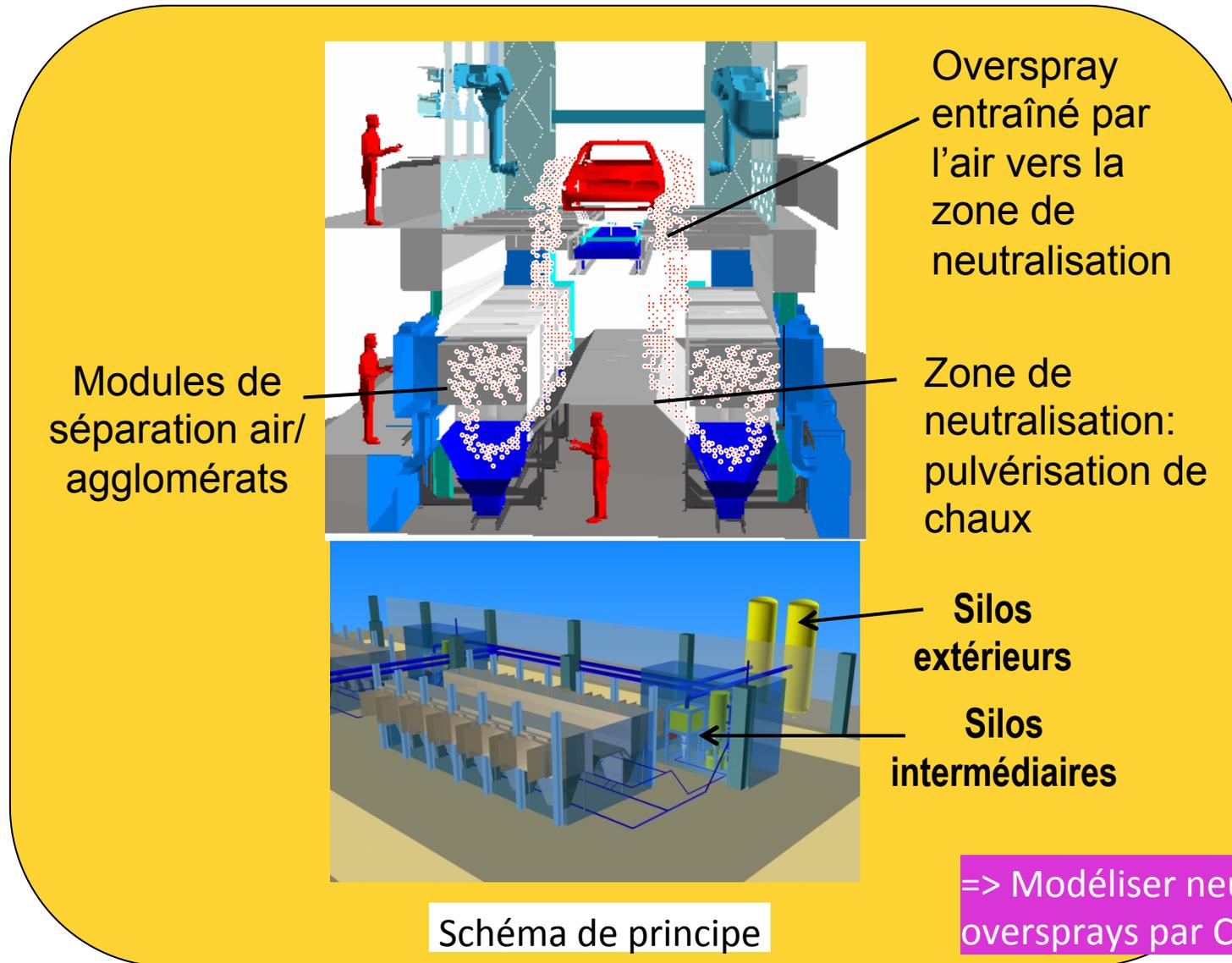
Air neuf: - 80%
⇒ 3 lignes PPC = qté air neuf
< 1 seule ligne PPS

H₂O
1500 m³/an i.o. 37 400 /an
⇒ Économie = consommation annuelle
de 200 familles de 4 personnes

Particules = -96%
⇒ Économie = rejets lors de 1 000 000
km avec un véhicule HDI FAP

CO₂ = -20 000 tonnes/an
⇒ 200 000 000 km parcourus par une
voiture émettant 100 g/km

Où interviennent les 2 mécanismes ?



L'agent neutralisant : CaCO₃



Carbonate de Calcium Naturel

Product Properties	Typical value	Unit
Powder Density	950 – 1100	kg/m ³
Specific Gravity	2700	kg/m ³
H ₂ O Content (ex works)	0.2	% (w/w)
pH Value	9.0	
Specific Surface	1 - 2	m ² /g

***Carbonate de Calcium broyé/calibré
=> cyclonisation, tamisage, filtration***



Particle Size Distribution	Permissible Value	Unit
Mean Particle Size dp ₅₀	28 ± 7	µm

Les notions et mise en oeuvre de Sprays et Gouttes sont bien présentes dans le process Peinture Automobile (et industriel au sens large).

Pratiques actuelles essentiellement basées sur :

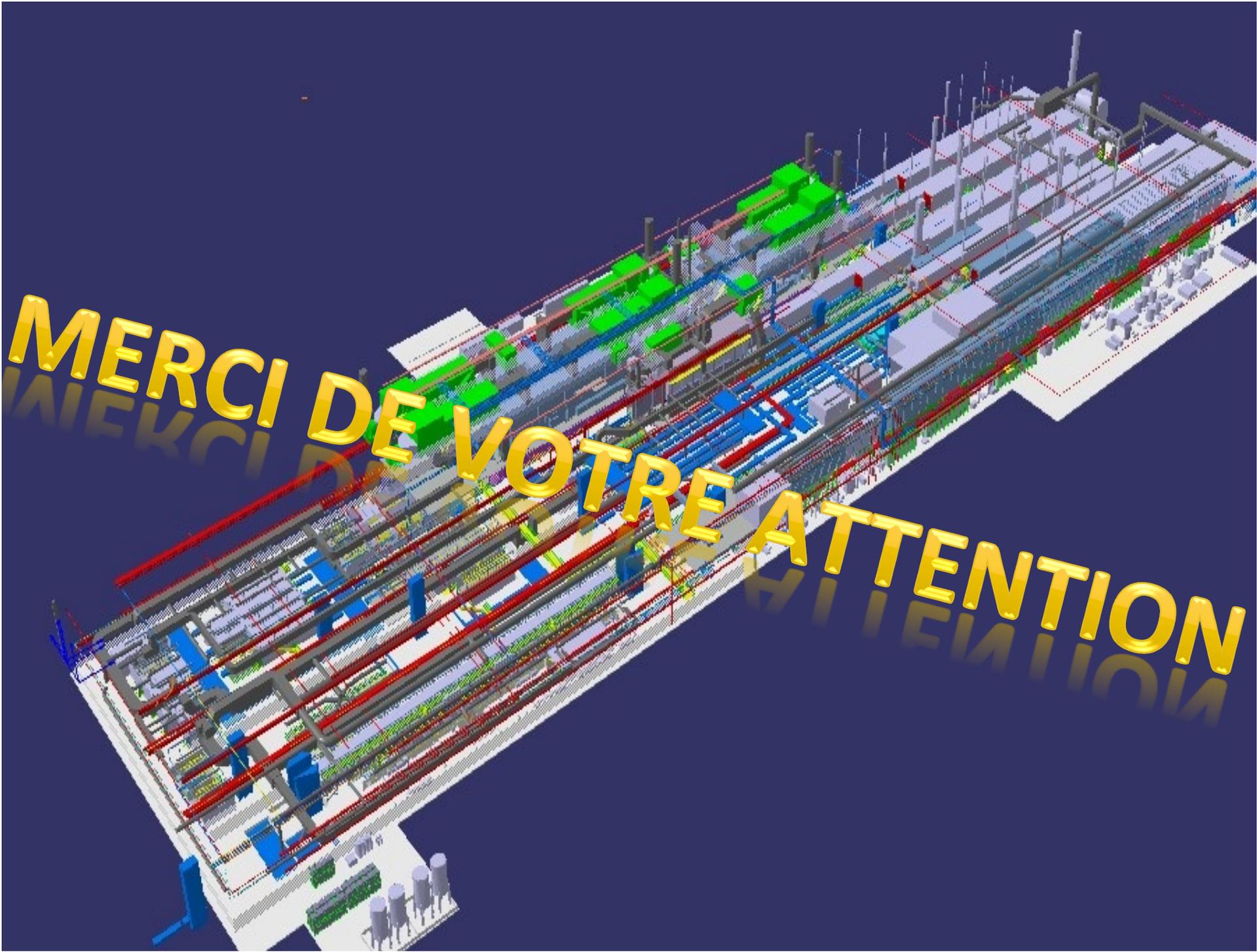
- R&D des fournisseurs
- Expérimentations PSA et accumulation retex
- Mises au point sur lignes de fabrication en contexte et environnement industriel

Pour demain: => nécessité de modéliser les phénomènes di (voire tri)-phasiques:

- centrifugation
- électrodéposition
- thermophorèse
- condensation/évaporation nucléaire
- agglomération
- transfert de masse et de chaleur
-

Impact: - Augmenter la qualité et les taux de transferts (application & TTS)
=> diminution des oversprays (coûts matières, maintenance, nettoyage)
=> diminution des débits d'air à conditionner et moduler l'aéraulique cabines
(investissements, exploitation)

- Améliorer l'échange thermique (exploitation)

A 3D architectural rendering of a building's internal structure, showing a complex network of pipes, ducts, and structural elements. The rendering is viewed from an isometric perspective, showing the building's floor slabs and internal components. The pipes and ducts are color-coded: red for main supply lines, blue for secondary lines, and green for specific utility areas. The background is a solid dark blue. Overlaid on the rendering is the text "MERCI DE VOTRE ATTENTION" in large, bold, yellow 3D letters. The text is positioned diagonally across the middle of the image, with a reflection effect below it.

MERCI DE VOTRE ATTENTION