



Annexe technique : 'Avant projet Nanobus'

Document rédigé par : Martial Loco – 01 Industrie

Lettre de commande N°05 MT 4015

**Ministère de l'Équipement, des Transports et de l'Aménagement du Territoire,
du Tourisme et de la Mer**

Direction de la Recherche et de l'Animation Scientifique et Technique.

Date : 25 Novembre 2005

SYNTHESE DU PROJET NANOBUS	4
Extrait du cahier des charges	5
Principales cibles	5
Partenaires du projet Nanobus	6
Origine du projet	6
Objectifs du projet	7
Organisation du projet	8
Grandes étapes du projet	9
Réglementation Européenne en vigueur	9
Conditions en faveur de la réussite du projet	10
Synthèse de l'état d'avancement du projet	11
Prochaine étape du projet : 'Démonstrateur technique'	20
Retombées du projet	23
Chaîne de traction du Nanobus	25
Budget du démonstrateur technique Nanobus	26
Financement du démonstrateur technique Nanobus	26

AVANT PROJET NANOBUS	27
Plan de travail	28
Contribution collective : facteurs de réussite du projet Nanobus	29
Avant projet : Suite de l'analyse d'opportunité	31
Cahier des charges du Nanobus	34

DOSSIER TECHNIQUE PRELIMINAIRE	36
Sommaire Design, ergonomie	36
Sommaire dimensionnement véhicule et RDM	60
Sommaire dynamique du véhicule	82
Sommaire chaîne de traction	108
Sommaire industrialisation	116
Bilan de l'avant projet Nanobus	148

SYNTHESE DU PROJET NANOBUS¹



¹ Le projet Nanobus est la continuité du projet Nanobus présenté au Prédit en 2005. La dénomination ‘Nanobus’ est déposée par la société Euroalum, filiale R&D du Groupe Véolia-Transport, principal actionnaire de Comox.

Le concept Nanobus, associe un véhicule bi-fonction et un exploitant de services de proximité. Ce dernier s'engage à réaliser à moindre coût le transport de personnes et de marchandises dans des zones réglementées et contraintes (Hyper-centres, site propre,...).

Le Nanobus est un véhicule électrique mixte de transport de personnes (9 personnes dont un PMR) qui peut également transporter des marchandises (volume inférieur à 4,5 m³). Véhicule de petite taille à châssis bas, maniable, le Nanobus est dédié aux déplacements de courtes distances.

Extrait du cahier des charges

- Simplicité technique (nomenclature standard, composants éprouvés)
- Capacité : 9 personnes avec chauffeur
- Besoin d'autonomie (mini) : 100 km/jour
- Vitesse : inférieure à 45 km/h
- Prix de vente objectif : 30 kEHT
- Prix de revient objectif : 25 kE

Le Nanobus est un véhicule « évolutif » destiné aux services de proximité. Il est un des maillons de la chaîne de Transport Public et peut assurer des missions aussi diverses que :

- Navettes entre Parkings relais et centre-Ville,
- Transport à la demande (Taxi collectif),
- Livraison de marchandises en centre ville.

Véhicule « bas coût », le Nanobus est au transport collectif ce que la Logan du constructeur Renault est au Véhicule Particulier.

Principales cibles

- Les Etablissements spécialisés privés ou public (Hôpitaux, Parcs de loisirs..)
- Les Collectivités locales et territoriales engagées dans un processus de protection de l'environnement (contraintes d'accès aux centres-ville, ...),
- Les industriels sensibilisés aux problèmes environnementaux dans le cadre d'un Plan de Déplacement Entreprise (PDE), ...

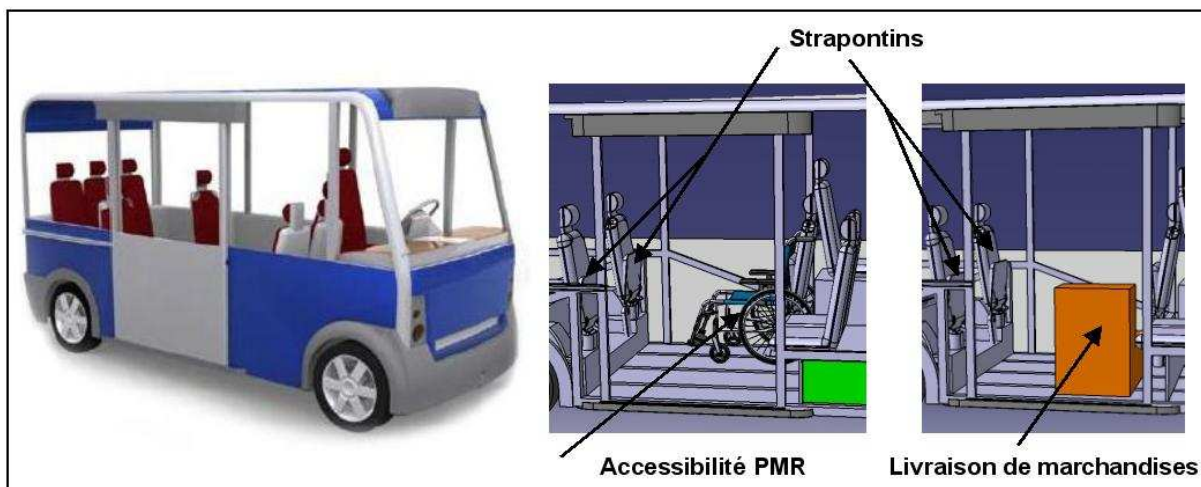
Partenaires du projet Nanobus

Société	Contribution
01 Industrie	Design, intégration, coordination
Comox/Connex (Véolia environnement)	Analyse fonctionnelle, expérimentations sur sites, Assistance technique
Gruau	Démonstrateur technique
SVE (Groupe Dassault)	Chaîne de traction (Cleanova) + assistance intégration

Les partenaires du projet qui ont l'intention de se constituer en GME (Groupement momentané d'Entreprises) rédigeront une convention spécifique qui définira le cadre de leur collaboration (objectifs, confidentialité, cadre de référence, échéancier).

Origine du projet

- Demande croissante de mobilité urbaine et périurbaine de courte distance :
 - o Zones réglementées : Hyper centres, Zone 30, sites propres,
 - o Grands Etablissements (parcs de loisirs, Hôpitaux, ...),
 - o Secteur urbain et péri-urbain (PDE, PDU),
 - o Sites industriels.
- Absence d'offre « véhicule » sur ce segment de marché (fin prématurée de la Diabline suite au décès de son promoteur et constructeur)
- Emergence d'un marché (Aix-en Provence avec 8 Diabline, Montreuil avec des Diabline puis des Kangoo, Amiens avec des Twinies puis Gemcar, ...)
- Prise en compte du contexte géopolitique et environnemental actuel : hausse du prix du pétrole, limitation des énergies fossiles, nuisances urbaines (bruit, pollution, insécurité routière),
- Développement d'une culture du service et du transport de proximité (ouvrant des perspectives de mutualisation des coûts).



Objectifs du projet : Trois objectifs majeurs guident la démarche

- Réaliser un produit innovant : simple, fiable, léger, « bas coût global (investissement, exploitation-maintenance) » répondant aux spécifications du marché cible (services de proximité : transport de personnes et de marchandises),

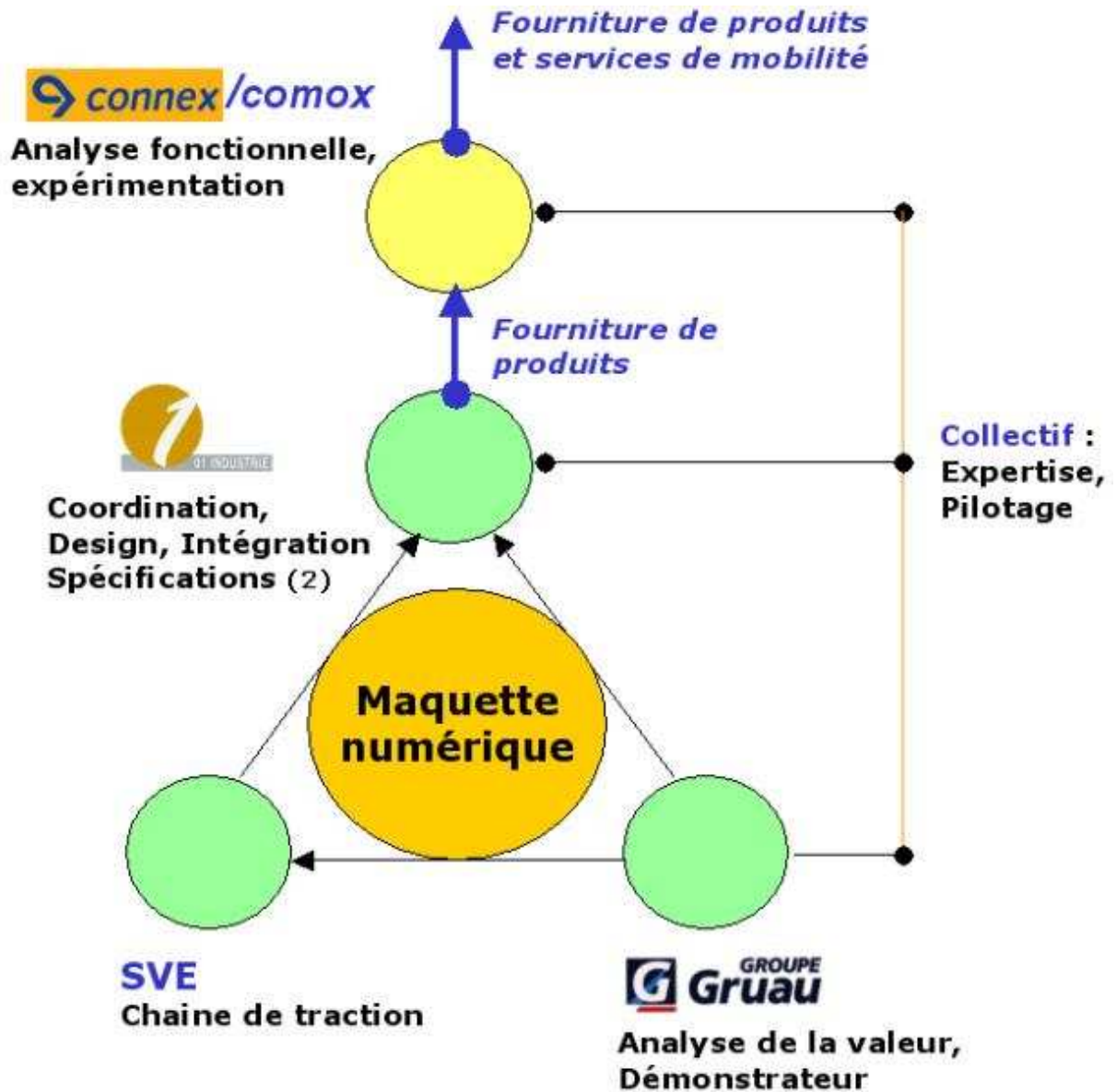
Structurer le projet autour d'un démonstrateur technique à la base de l'analyse de marché. Objectif : Disposer rapidement du véhicule pour confirmer le potentiel de marché (volume, délai).

- Développer un protocole opératoire débouchant sur une activité durable et compétitive (ingénierie collaborative) associant constructeur et exploitant de service de transport.

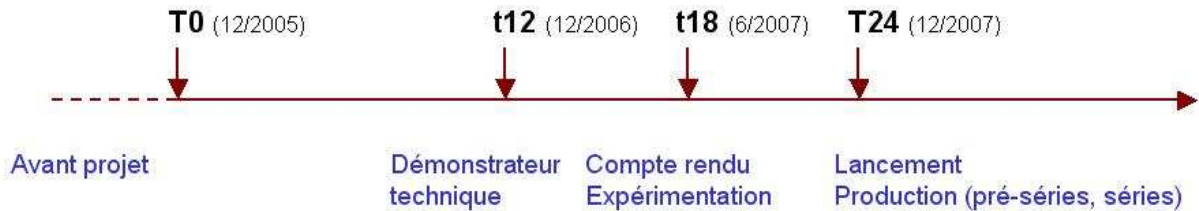
Ambiance intérieure : Vivabus, nouveau concept de confort intérieur de bus (Connex)



Organisation du projet



Grandes étapes du projet



1ère étape (t0-t12) : Démonstrateur technique, expérimentation.

2ème étape (t12-t24) : Expérimentation, Industrialisation

3ème étape (t24-tn) : Production, commercialisation.



Réglementation Européenne en vigueur

Contrairement à l'Amérique du nord (LSV - Low Speed Vehicle), il n'existe pas de catégorie pour ce type de véhicule en Europe. Nous devons identifier avec le concours du CNRV (Centre National de Réception des Véhicules) le cadre le moins contraignant dans lequel inscrire le projet Nanobus.

Particularités du Nanobus au regard de la réglementation :

- Véhicule basse vitesse équivalent au TQM (Tricycle Quadri cycle à Moteur) léger : 45 km/h,
- Production en quantité limitée

Point de départ pour l'homologation :

- Microbus (Gruau),
- Diabline (Nogaro Technologie).



Arguments en faveur Nanobus (cadre réglementaire) :

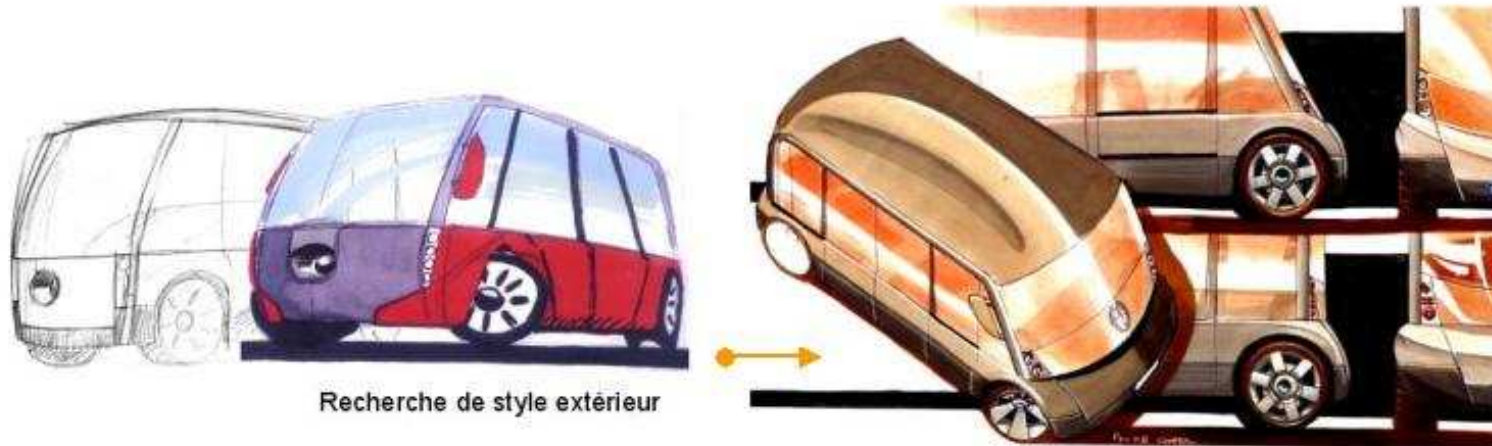
- Contexte : Combat contre les nuisances liées au transport,
- 'Respectabilité' du collectif : Gruau, Comox/Connex, SVE (Dassault/Heuliez),
- Utilisation de la plate forme d'un véhicule de série de PSA ou Renault (Berlingo, Kangoo, jumpy/Evasion/806, Mégane, ...),
- Soutien (Lobbying) de représentants institutionnels favorables au projet.

Conditions en faveur de la réussite du projet

- Expérience de projets précédents,
- Equipes (pluridisciplinaire, complémentaire, réactive et motivée) dans l'entreprise et dans le cadre du GME, au service d'un objectif ambitieux,
- Produit (Nanobus) en conformité avec :
 - o Les attentes du marché (analyse fonctionnelle opérateur),
- Bonne expertise de la part de partenaires:
 - o De l'entreprise (industrielle) : management, ressources humaines, financier, juridique, ...
 - o Du Marketing et de l'innovation,
 - o Des processus de conception et d'industrialisation.
- Tissu relationnel :
 - o Clients potentiels :
 - Gestionnaires de flottes (Connex, Transdev, Keolis, Ratp, ...), collectivités territoriales, ...
 - o Industriels : partenaires, fournisseurs, prescripteurs potentiels (EDF, ...)
 - o Institutionnel : Région, Drast, Prédit, Anvar, Ademe, Gart, ...
 - o Organismes de recherche : CEA, CNRS, INRIA, Universités, écoles d'ingénieurs, ...

Synthèse de l'état d'avancement du projet

Design : style extérieur



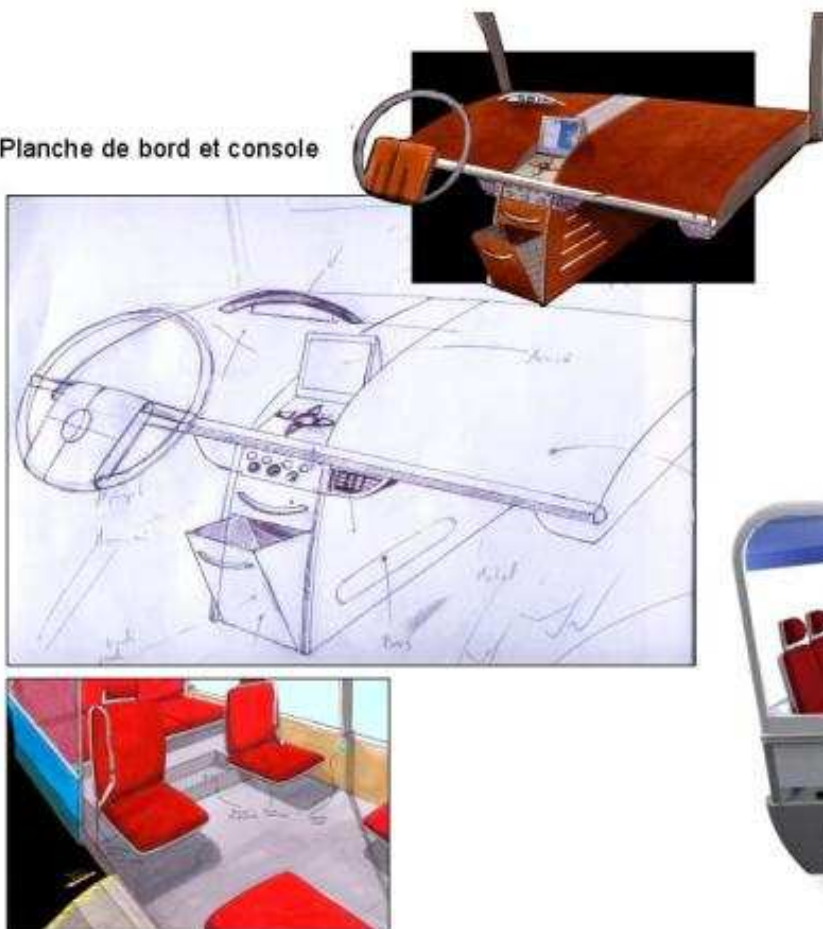
Recherche de style extérieur



Intégration, maquette numérique

Design, ergonomie : style intérieur

Planche de bord et console



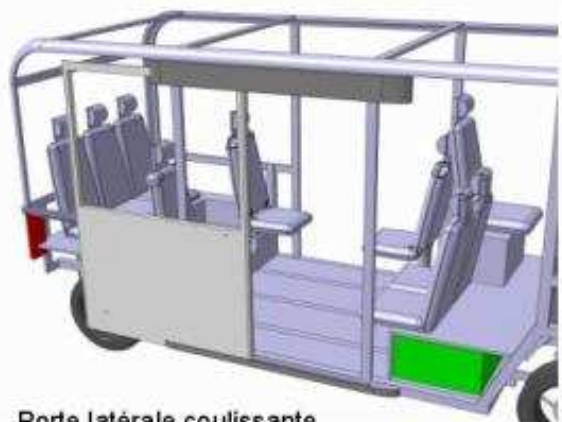
Espace intérieur

Dimensionnement du véhicule : Accessibilité, ouvrants

Accessibilité PMR



Espace passagers



Porte latérale coulissante



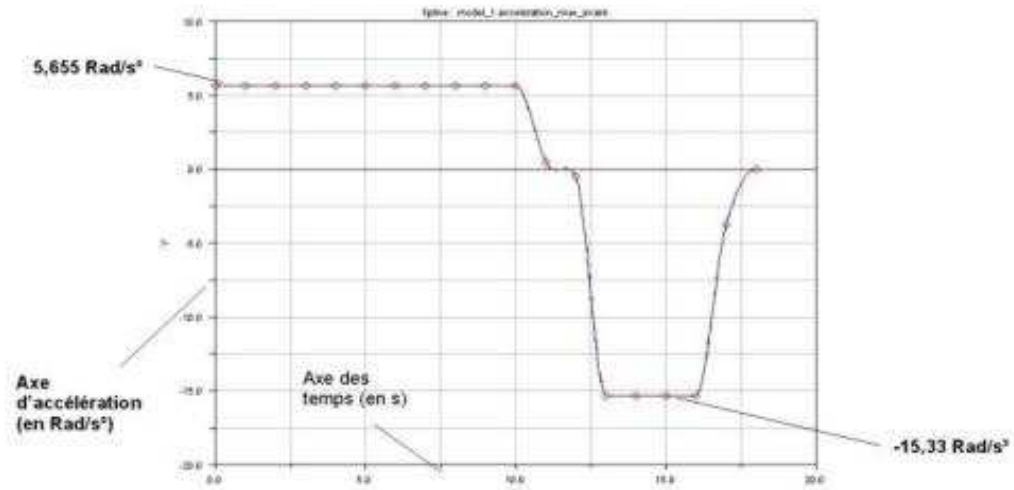
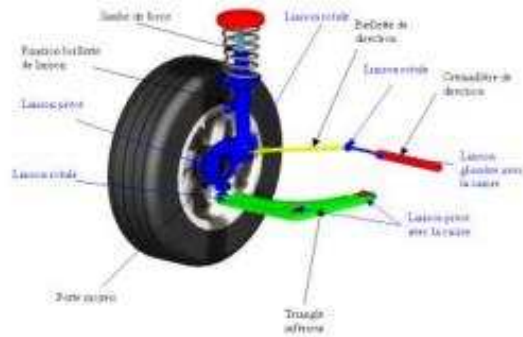
Siège pliable (Strapontin)



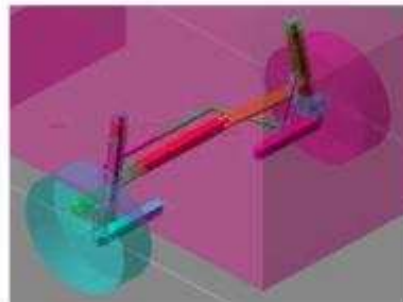
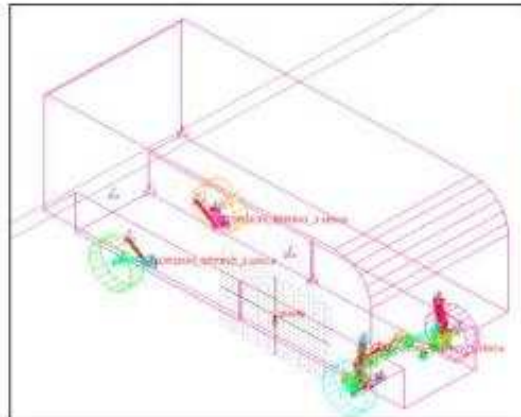
Rampe (accès PMR)



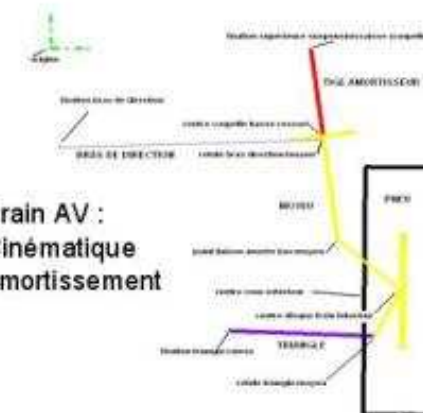
Etude du comportement dynamique 1/2



Modele accélération roue AV



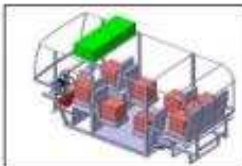
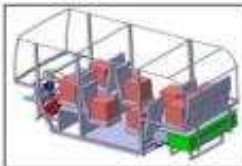
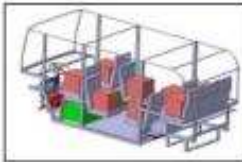
Modele Adams



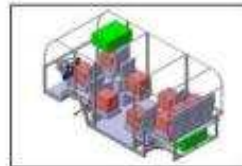
Etude du comportement dynamique 2/2

Essais dynamiques avec charges variables
(hypothèses de répartition des masses)

Cabine 'standard'



Cabine 'avancée'



Microsoft Excel - modèle de véhicules

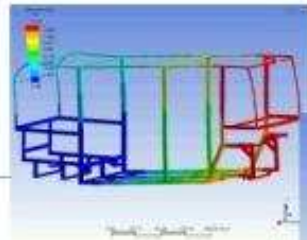
Image 1

10	accélération gravitationnelle (en 'g')	9.80665
19	charge suspendue totale roue avant droite (en Newton)	3531
20	charge suspendue totale roue avant gauche (en Newton)	3851
21	charge suspendue totale roue arrière droite (en Newton)	4569
22	charge suspendue totale roue arrière gauche (en Newton)	4707
23	masse suspendue totale avant (en kg)	722.262942
24	masse suspendue totale arrière (en kg)	945.7882078
25	charge suspendue à vide roue avant droite (en Newton)	2709
26	charge suspendue à vide roue avant gauche (en Newton)	2794
27	charge suspendue à vide roue arrière droite (en Newton)	3391
28	charge suspendue à vide roue arrière gauche (en Newton)	3288
29	masse suspendue à vide avant (en kg)	551.9728811
30	masse suspendue à vide arrière (en kg)	487.984543
31	Prépondance propre (en %)	1.18
32	Taux d'amortissement	0.25
33	Longueur de bras de suspension (en mm)	320
34	angle d'inclinaison des joints (en °)	13.8
35	angle entre l'ambroisier arrière et la verticale au sol (en °)	95
36	Longueur barre stabilisatrice (en mm)	625
37	déport barre stabilisatrice (en mm)	290
38	diamètre courbe amortisseur avant (en mm)	80
39	module de torsion de la barre stabilisatrice (en Pa)	84000
40		
41		
42	constante du ressort à vide l en charge (en m/s)	45.4450034
43	rayon de pivot droite à la roue arrière (en mètres/mms)	25.62558201
44	course du ressort équivalente arrière à vide et en charge (en mm)	31.0300884
45		
46	Variation d'angle bras de suspension en charge à vide (en °)	20.50643027
47	Moment appliqué à un ressort de torsion arrière (en Nm)	884740
48		
49	angle axe amortisseur avant / verticale au sol (en °)	13.8
50		
51	angle entre l'ambroisier arrière et la verticale au sol (en °)	95
52		
53	moment créé par la barre stabilisatrice avant par la variation de prise de charge latérale avant (en Nm)	43990.82264
54	angle de torsion de la barre stabilisatrice avant lors de la variation de prise de charge latérale avant (en °)	24.62436035
55		
56	angle de torsion unitaire de la barre stabilisatrice avant (en rad/mm)	0.000846279
57	diamètre barre stabilisatrice	10.168759
58		

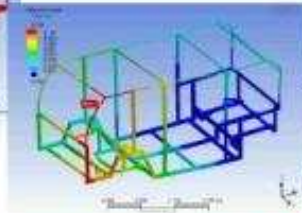
	Cas avec tous les passagers	Cas du véhicule vide
Module	878.70	878.759
Y0	-84.80	270.884
Y10	808.999	488.970
Z0	-11.26	8.706
lx	581.70	482.614
ly	2627.20	1823.345
lz	3542.95	4506.411
mx	258.258	186.91
my	11.07	5.423
mz	20.789	6.286

Berlingo / Version standard modèle 1 / Version standard modèle 2 / Version standard modèle 5 / Vc [e]

Modele 'standard'

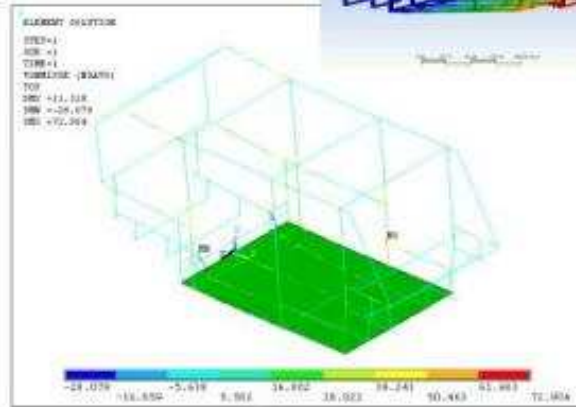
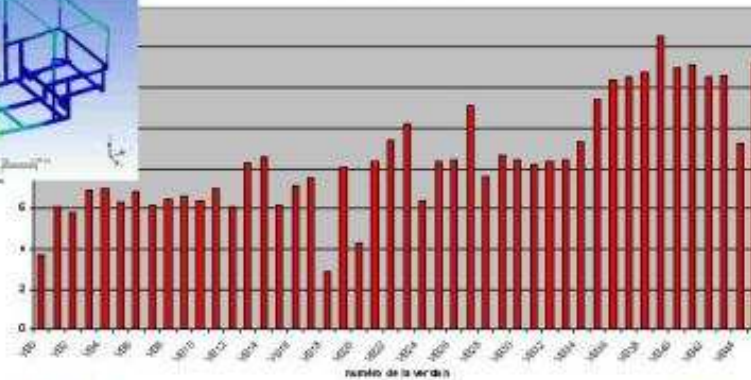


Modele 'cabine avancée'

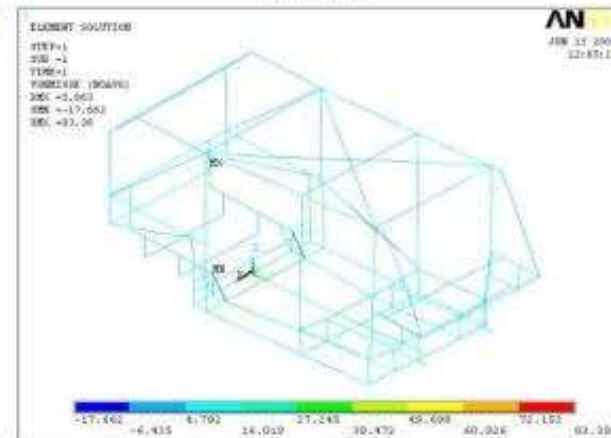
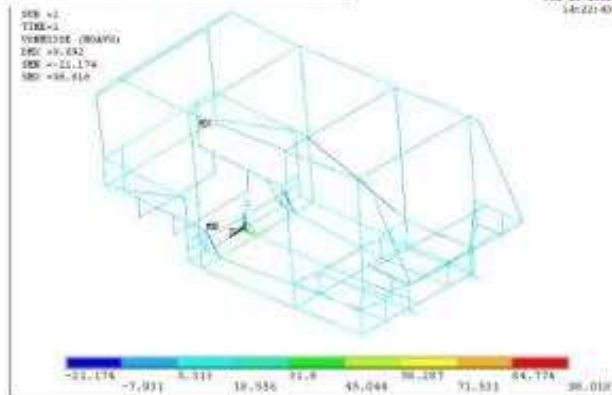


Essais de déformation RDM (Résistance Des Matériaux)

Indice de performance global

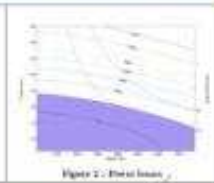
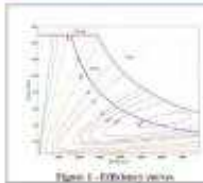
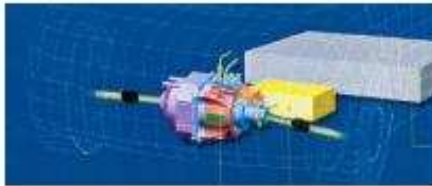


Essais avec ajout de renforts





Pré-dimensionnement de la chaîne de traction (écriture d'un utilitaire Excel)



M : paramètre Masse du véhicule en kg	Masse en charge en kg	2100
R : paramètre rayon de la roue en m	VE	1000
g : paramètre attraction terrestre en m/s ²	Batteries	400
μ : rapport de réduction	Passagers	1675
J : Moment d'inertie total des parties tournantes en kg/m ²	Chargement	25
ρ : Masse volumique de l'air en kg/m ³		1,293
Cx : Coefficient de pénétration dans l'air		0,35
Sf : Projection de la surface frontale du véhicule en m ²		3,7
φ : Coefficient de roulement des pneus		0
γ : Coefficient de roulement des pneus		0
ρ : Coefficient de roulement des pneus		0,01

Coefficients calculés à partir des précédents et autres paramètres :		t : temps en seconde [s]
K1 = $0,377 * (J + M * R^2) / \mu$	66,61967	V : vitesse linéaire en kilomètre par heure (km/h)
K2 = $0,0055 * \rho * Cx * Sf * R^3 / \mu^2$	0,00022461	d : distance en [km]
K3 = $0,011 * \phi * M * g * R^3 / \mu^2$	0	α : pente en pourcentage [%]
K4 = $0,1047 * \gamma * M * g * R^2 / \mu$	0	N : charge en tour par minute [tr/min]
K5 = $\phi * M * g * R$	59,7429	Acc : accélération angulaire en degré [°]
K6 = $M * g * R$	5974,29	C : couple en newton - mètre [Nm]
		P : puissance en watt [W]
		E : énergie en joules [J]

$$d = V \text{ [km/h]} * t \text{ [s]} / 3600$$

$$N_{roue} \text{ [tr/min]} = N_{moteur} \text{ [rad/s]} * (60 / (2 * \pi))$$

$$N_{roue} \text{ [rad/s]} = V \text{ [m/s]} / R \text{ [m]}$$

$$Acc \text{ [rad]} = \Delta N_{moteur} \text{ [rad/s]} / \Delta t \text{ [s]}$$

$$Cm = K1 * dN/dt + K2 * N^2 + K3 * N^2 * \cos \alpha + K4 * N * \cos \alpha + K5 * \cos \alpha + K6 * \sin \alpha$$

$$P = K1 * Acc + K2 * N_{moteur}^2 \text{ [tr/min]} + K3 * N_{moteur}^2 \text{ [tr/min]} * \cos(\arcsin \alpha) + K4 * N_{moteur} \text{ [tr/min]} * \cos(\arcsin \alpha) + K5$$

$$E = P * \Delta t$$

Vitesse [km/h]	Acc [°]	α [°]	N [tr/min]	N [rad/s]	C [Nm]	P [W]	E [J]			
1110	35,000	0,082	0	0	320,14	3332	0,48	90,86	1704,97	1704,99
1120	40,000	0,111	0	0	368,87	3831	0,68	127,72	3653,43	4683,54
1130	40,000	0,111	0	0	368,87	3831	0,00	39,91	3440,98	3440,93
1140	45,000	0,128	0	0	411,68	43,00	0,49	129,70	5980,61	5980,69
1150	45,000	0,128	0	0	411,68	43,00	0,00	97,80	4215,35	4215,31
1160	45,000	0,128	0	0	411,68	43,00	0,00	97,80	4215,35	4215,31
1170	35,000	0,082	0	0	320,14	3332	0,98	18,95	836,32	6363,25
1180	30,000	0,083	0	0	274,41	2974	0,48	44,75	1295,90	1295,05
1190	0,000	0,000	0	0	0,00	0,00	-2,67	-121,68	0,00	0,00
1200	0,000	0,000	0	0	0,00	0,00	0,00	39,74	0,00	0,00

sin α	N roue tr/min	N roue rad/s	Acc	C Nm	P W
0	0,00	0,00	0,00	59,74	0,00

Moyenne V [km/h]	32,870
Somme E [J]	5618909,898
Somme E [Wh]	1533,033
Distance parcourue d [km]	11,126
Temps de parcours [min]	20,000
Energie consommée [kWh]	1,533
Energie embarquée [kWh]	14,058
Autonomie théorique [km]	100,549

Hypothèse batterie 18-Ah (maxi) = 400

Contributions, convergences de données

		Octobre		Novembre					Décembre			
		S42	S43	S44	S45	S46	S47	S48	S49	S50	S51	S52
Projet Nanobus	Contribution											
Dossier synthèse, pôle, financier	01/Comox	●										
Présentation dossier : investisseurs, pôles	01/Comox									●		
Avant projet industrialisation	01	●							●			
Accord financement (principe)	Collectif										●	
RV Gruau	01/Gruau	●	●									
Contribution Gruau	Gruau											
Contribution Connex/Comox	Comox											
Contribution SVE	SVE											
Contribution 01 Industrie	01											
Livraison attendus collectif	Collectif								●			
Rédaction convention GME	Comox							●				
Signature convention GME	Collectif											
Rédaction rapport final projet Nanobus	01											
BD CAO - Intégration	01											
Livraison BD CAO (pré-étude)	01											
BD CAO base roulante (ex : Kangoo)	Gruau/SVE											●

Contribution Gruau

Bilan expériences précédentes (retour expérience Microbus)
 Expertise alternatives suite à avant projet
 Communauté de composants - Microbus (autre)
 Faisabilité industrialisation
 Analyse/gestion des risques

Contribution Comox

Analyse fonctionnelle
 Contraintes réglementaires
 Convention GME
 Présentation dossier Pôles, investisseurs
 Analyse/gestion des risques

Contribution SVE

Spécifications chaîne de traction
 Fourniture BD CAO - Intégration chaîne de traction
 Analyse/gestion des risques

Contribution 01 Industrie

Synthèse du projet, rapport final
 Management de projet
 Numérisation 3D
 Conception, Intégration CAO
 Présentation dossier Pôles, investisseurs
 Analyse/gestion des risques

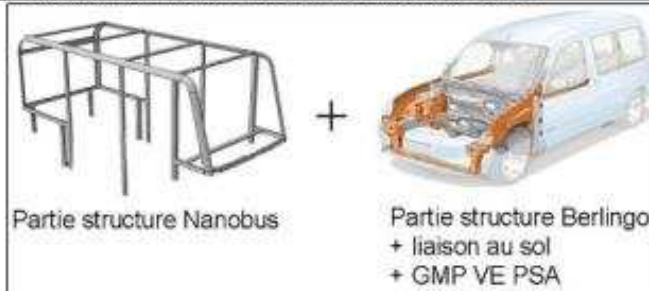


Alternatives suite à l'avant projet

Communauté de composants à déterminer :
 - Sièges, banquette, afficheur, vitrages, feux, ...

	Nanobus	Berlingo/Partner	Kangoo	Jumpy (long)	Jumper (moyen)	Master (court)
Empattement (mm)	3,15	2,69	2,6	3,22	3,2	3,08
Voies avant (mm)	1,56	1,42	1,4	1,54	1,72	1,74
Voies avant (mm)	1,56	1,44	1,42	1,54	1,72	1,725
Max essieu AV	1100	930/1000	<	>	>	>
Max essieu AR	1100	970/1060	<	>	>	>
Longueur	4,5					
Largeur	1,8					
Hauteur	2,1					

Hypothèse Base Routante N°1 (BR1) : Nanobus base berlingo + GMP VE psa



Avantages :	
Résistance structure origine constructeur	5
Rapidité de mise en œuvre (système intégré au châssis)	5
Faible coût de développement sur la base de l'existant	4
Sécurité abn client	4
Total avantages	18
Inconvénients :	
Transformation châssis valable uniquement pour démonstrateur	5
GMP PSA uniquement pour démonstrateur	4
Empattement Nanobus plus long (3,15 contre 2,7) -> épure de Janteaud (Empattement Jumpy allongé)	6
Nécessite Numérisation 3D ou/et BD CAD	1
Total inconvénients	16
Bilan global (indicatif)	3
Appréciation générale	
Hypothèse privilégiée avant prise de contact SVE	
Solution éventuelle si désaccord SVE	

Hypothèses base roulante démonstrateur	
BR1 avec essieu AR modifié (allongement essieu)	BR2
BR1 + liaison au sol Jumpy allongée (empattement 3,2m)	BR3
BR2 avec chaîne de traction Cleanova (batterie Zebra)	BR4
BR3 avec chaîne de traction Cleanova	BR5
Base roulante Kangoo + Chaîne de traction Cleanova	BR6
Base roulante Kangoo avec essieu AR allongé et chaîne de traction Cleanova	BR7
Base roulante Master (court) + Chaîne de traction Cleanova	BR8
Châssis spécifique (Acier/Alu, plancher nid d'abeille) + système Cleanova	BR9
Autres solutions (à préciser)	BR10

Hypothèses Planche de Bord	PB
Bois + Alu, (afficheur = PC Portable)	BP1
Composite + afficheur Microbus	BP2
Autre	

Hypothèse Ergonomie	E
Cabine 'Standard' - empattement 3,2m	E1
Cabine 'Avancée' - empattement 2,9m	E2

Hypothèse position Batterie	B
Position sous passagers avant	B1
Position dans male arrière	B2
Position sur le toit	B3
Autre	B4

Divers: Carrosserie et pare choc composites, Vitrage Item Microbus, ...

Exemple matrice décisionnelle	Option A	Option B	Option C	Option D	Option X
Critère qualité	1	1	2	2	1
Critère délai	2	1	3	2	3
Critère coût	2	1	4	3	2
Critère satisfaction client	3	1	3	2	1
Autres critères					
Bilan global par option	8	4	12	9	8
Ordre d'évaluation (1, 2, 3, 4)					

Prochaine étape du projet : 'Démonstrateur technique'

Objectif du démonstrateur technique (rappel) et originalité du projet :

- Disposer rapidement d'un véhicule pré opérationnel
- Présenter le démonstrateur aux clients potentiels afin d'évaluer le marché





Planning démonstrateur technique

N°	Principales tâches	Société	Coût k€	Avant projet		Démonstrateur technique												Expérimentation							
				09/05	10/05	11/05	12/05	01/06	02/06	03/06	04/06	05/06	06/06	07/06	08/06	09/06	10/06	11/06	12/06	1/07	2/07	3/07	4/07	5/07	6/07
1	Convention GME	Comox	5																						
2	Organisation, dossiers projet	01 Industrie	21																						
3	Intégration CAO	"	35																						
4	RDM Chassis (structure)	"	35																						
5	Design carrosserie, équip. Inter.	"	28																						
6	Dynamique du véhicule	"	7																						
7	Etudes spécifiques	"	28																						
8	Préparation phase industrielle	"	21																						
9	Démontage /découpe structure	Gruau	2,1																						
10	Réal structure Pico	"	29,4																						
11	Réal éléments de forme carrosserie	"	36,4																						
12	Réal tolérie carrosserie int. Ext.	"	32,9																						
13	Réal porte coulissante manuelle	"	22,4																						
14	Appro divers , vitrages, etc	"	4,2																						
15	Montage structure	"	19,6																						
16	Réal faisceau électrique, montage	"	17,5																						
17	Montage éléments carrosserie ext.	"	22,4																						
18	Montage éléments carrosserie int.	"	24,5																						
19	Peinture	"	7																						
20	Montage porte coulissante	"	7																						
21	Essais divers	"	35																						
22	Intégration GMP	SVE	100																						
23	Analyse fonctionnelle opérateur	Comox	15																						
24	Aspect réglementaires (homologation)	"	25																						
25	Marketing - Evaluation marché	"	10																						
26	Présentation Nanobus aux collectivités	"	20																						
		Total	610,4																						

- Signature GME
- Dépôt dossier de financement

- Homologation
- Expérimentation

- Bilan technique



Retombées du projet

Bénéfices d'ordre général :

- Nouveaux services de mobilité urbaine plus écologiques et plus économiques,
- Construction d'un véhicule innovant, propre et silencieux,
- Développement économique dans un secteur à fort potentiel,
- Conception à Coût Objectif (CCO).

Ce qu'apporte le démonstrateur technique en terme de technologie et de process :

- Structure multi-fonctionnelle,
- R&D concernant l'allègement de la structure et de la carrosserie (Matériaux et procédés de mise en forme).
- Ingénierie collaborative dans une démarche d'éco-conception.

Le projet Nanobus s'inscrit dans une démarche d'éco-conception. Celle-ci consiste à intégrer les aspects environnementaux dans la conception ou la re-conception de produits. Il s'agit de prendre en compte les exigences environnementales sur le produit : réglementation, image de marque, etc.... ainsi que les conséquences environnementales du produit : consommations de ressources, émissions atmosphériques, production de déchets, valorisation du produit en fin de vie, etc....

Dans le cadre du projet Nanobus, une attention toute particulière sera portée sur :

- Prise en compte de l'impact environnemental lors de la conception et l'industrialisation du produit (Bilan global),
- Recyclabilité des composants (matériaux, batteries, ...).

Mots clés :

- Développement durable, analyse du cycle de vie (ACV), ...

Bénéfices pour les partenaires du projet :

01 Industrie	Perspectives de développement économique dans le domaine du véhicule propre et des nouvelles technologies (valorisation de R&D)
Comox/ Connex	Nouveaux produits et services de mobilité, renforcement stratégique dans le transport de proximité 'propre', passerelle avec la R&D du groupe Eurolum (filiale de Connex en charge des activités de recherche, développement et innovation).
Gruau	Nouveaux marchés, enrichissement de la gamme et partage des composants, qualification de nouveaux composants
SVE	Valorisation de la technologie du groupe Dassault, opportunité de nouveaux marchés, renforcement stratégique sur le marché du véhicule propre

Bénéfices en dehors du projet :

- Licences : Amérique du nord, Asie
- Constructeur, équipementiers : Collectif et process 'réutilisables' pour de nouveaux projets dans le domaine du véhicule propre (développement durable).

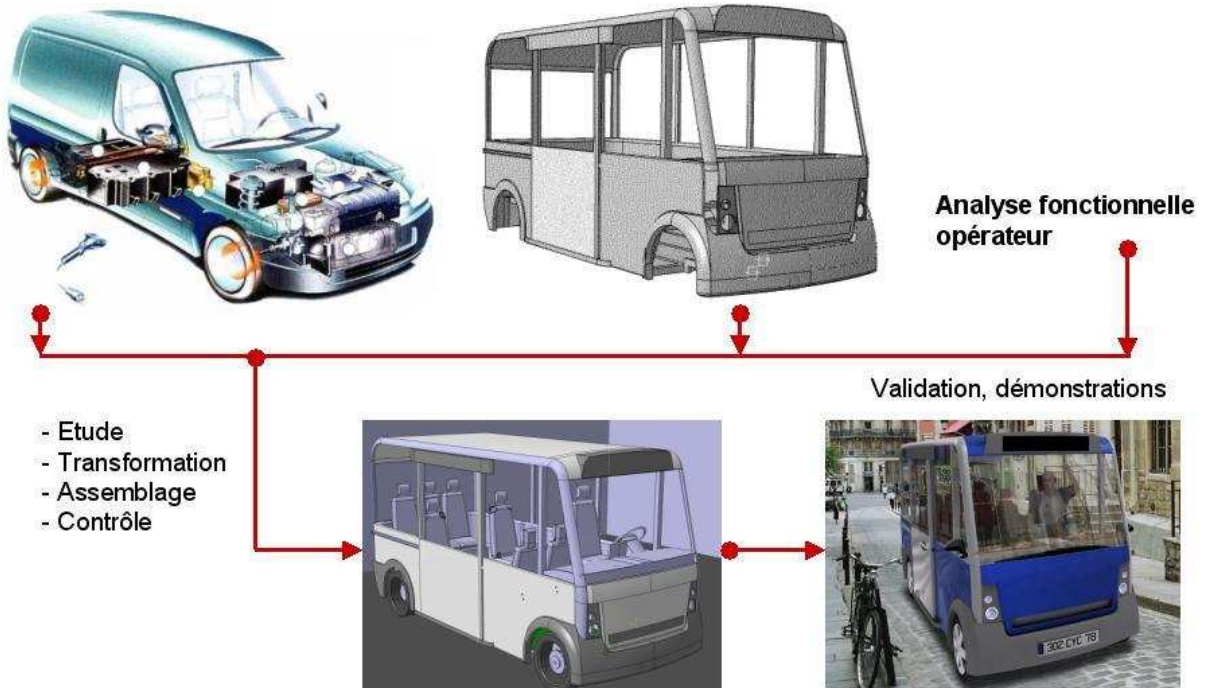


Chaîne de traction Nanobus

Phase	GMP (Groupe moto propulseur)
Démonstrateur	SVE (Cleanova)
Série	SVE (Cleanova)

Origine véhicule série : Chaîne de traction électrique (SVE), trains AV et AR, direction, parties de structure (plancher)

Spécifique Nanobus : Design, ergonomie, structure/carrosserie.



Budget du démonstrateur technique Nanobus

01 INDUSTRIE	Quantité (h)	Cout unitaire			Total (E)
Frais de fonctionnement					
Frais de personnel	2500	70			175000
Divers	Fournitures	Mission	Achat	ST	
Montant (Euros)		5000	5000	10000	20000
				Total	195000
Sous traitance 01 Industrie : Photogramétrie, relevé de points dessous caisse et liaison au sol VE					
COMOX/CONNEX	Quantité (h)	Cout unitaire	Montant (E)		
Frais de fonctionnement					
Frais de personnel	750	100			75000
Divers	Fournitures	Mission	Achat	ST	25000
Montant (Euros)		5000		25000	30000
				Total	100000
Sous traitance Connex/Comox : Homologation et réglementation (Société CC Conseil)					
GRUAU	Quantité (h)	Cout unitaire			Montant (E)
Frais de fonctionnement					
Frais de personnel	3720	70			260400
Divers	Fournitures	Mission	Achat	ST	
Montant (Euros)			30000		30000
				Total	290400
SVE	Quantité (h)	Cout unitaire	Montant (E)		
Frais de fonctionnement					
Frais de personnel	100000				100000
Divers	Fournitures	Mission	Achat	ST	
Montant (Euros)			20000		20000
				Total	120000
				Total général	705400

Financement du démonstrateur technique Nanobus

Les sociétés Eurolum et 01 Industrie, porteuses du projet présenteront le dossier aux :

- Prédit (PF, CA)
- Pôle de compétitivité, etc....

➔ dans l'optique d'obtenir un financement à hauteur de 50%



AVANT PROJET NANOBUS



Plan de travail

Le projet Nanobus est construit sur la base d'un 'Plan de travail' en 7 étapes :

1) Orientation :

Définition des objectifs et des limites de l'étude

2) Information :

- *Recensement du maximum d'informations (techniques et économiques) dans le plus grand nombre de domaines, vérification des informations et synthèse*

3) Analyse fonctionnelle :

- *Analyse des fonctions et des coûts.*

4) Innovation :

- *Recherche de solutions en une phase de créativité (échanges croisés, brainstorming, ...)*

5) Evaluation des solutions :

- *Examen critique des idées proposées et sélection définitive des solutions à adopter*

6) Bilan et décision :

- *Présentation des solutions retenues, établissement du bilan prévisionnel*

7) Suivi de la réalisation :

- *Suivi de la mise en œuvre*

Contribution collective : facteurs de réussite du projet Nanobus

- 1) Définir un référentiel de valeurs consensuel entre les partenaires du projet.

Le projet n'a pas pour ultime objectif de mettre en place une nouvelle technologie, d'implanter de nouvelles pratiques ou de changer les méthodes de travail. Le projet a pour objectif d'accroître la valeur créée. Pour le client, le retour sur investissement ne sera perceptible qu'en ces termes. Il est fondamental d'établir au préalable un référentiel de valeurs au sens de toutes les parties prenantes du projet afin d'en guider le bon accomplissement. La mise en concordance de l'ensemble des attendus est un préalable incontournable.

L'analyse de la valeur appliquée au projet sera d'un grand secours pour bâtir un référentiel commun.

- 2) Définir le budget et le planning

Si la définition du référentiel de valeur a bien défini le but, il est nécessaire de préciser le parcours et d'affecter les ressources le plus efficacement possible. Néanmoins, la phase de planification n'a pas pour finalité de définir le parcours dans ces moindres détails. Il faut au contraire se préparer à réorienter le cas échéant.

- 3) Dynamiser les échanges et la communication

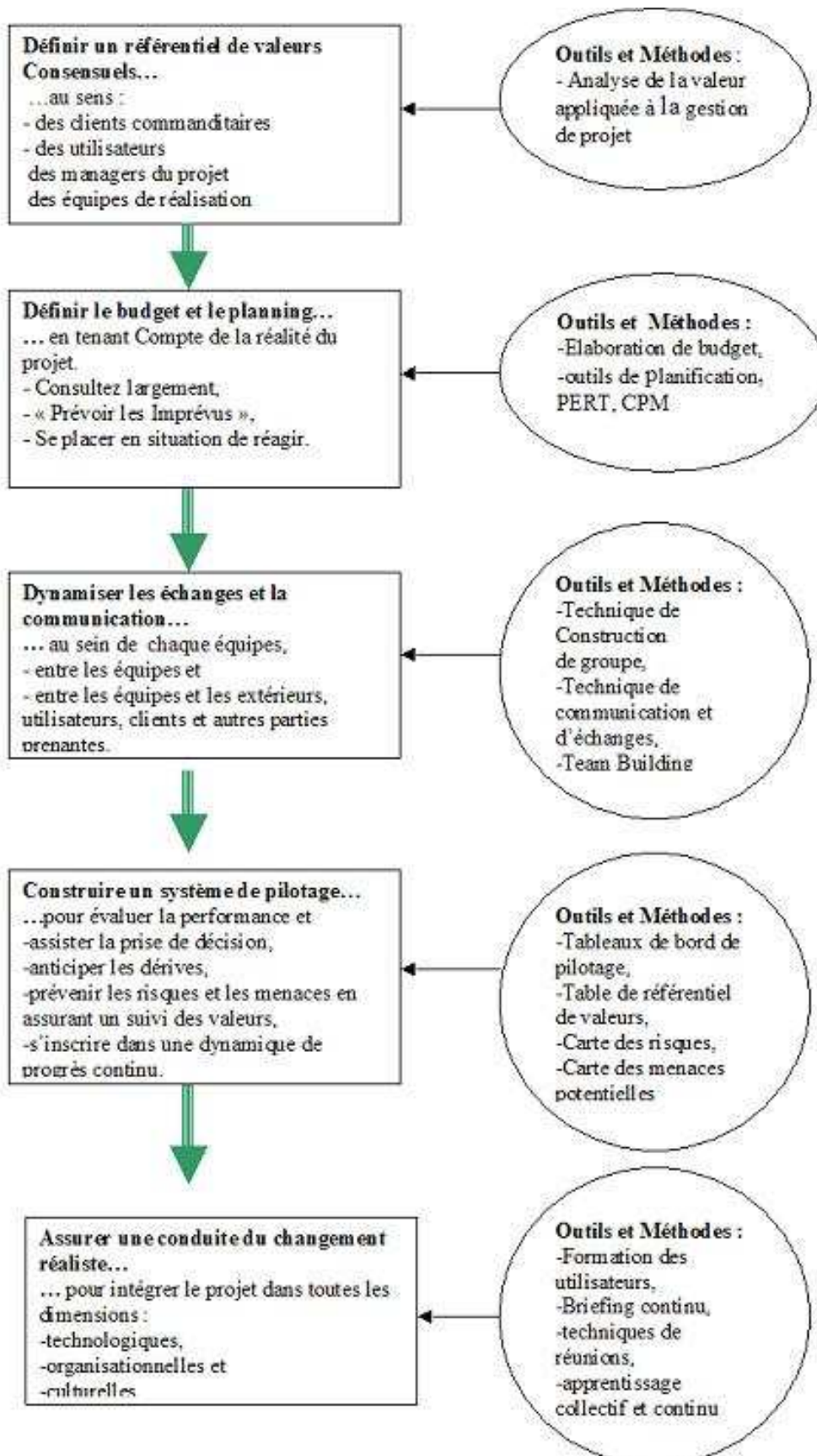
L'autorité de compétences n'est plus de mise. Le projet est réalisé par 4 acteurs d'origines diverses et aux compétences variées, chacun spécialiste d'un domaine précis. Le manager doit fédérer autour du projet l'ensemble des énergies, tout en prenant soin de ne pas les couper du reste de l'entreprise

- 4) Construire un poste de pilotage (outils d'anticipation)

Piloter un projet ce n'est pas uniquement mesurer les écarts au prévu. Ce constat n'est pas suffisant. Lorsque l'écart est perceptible, il est déjà trop tard. Le manager se dotera des outils indispensables pour se placer en situation d'anticiper dans une démarche de progrès continu.

- 5) Assurer une conduite du changement réaliste

Pour remplir son contrat de création de valeurs il ne suffit pas de se contenter de respecter une conformité juridique au cahier des charges. Un projet est réussi lorsque le client perçoit la faisabilité du Retour sur Investissement (ROI) prévu. En bref, lorsque l'accroissement de valeurs est au rendez-vous. Pour cela, il faut prendre soin d'intégrer le projet au sein de l'entreprise, en terme de processus, et de ses utilisateurs en terme d'usage et de pratiques.



Avant projet : Suite de l'analyse d'opportunité

L'avant projet du Nanobus, est la continuité de « l'analyse d'opportunité d'un véhicule urbain de faible capacité (7/9 personnes) à traction électrique » (Lettre de commande de la Drast N°04MT 5041) de novembre 2004.

Rappel du contenu de l'analyse d'opportunité

Enjeux :

L'automobile reste malgré les contraintes et nuisances le moyen de transport favori des français. Néanmoins le transport collectif conserve globalement une bonne image en ville. Les problèmes de pollution, de bruit, de congestion, d'insécurité routière sont devenu de réelles préoccupations pour la grande majorité de nos concitoyens et bien sur de nos représentants élus.

Pour pallier aux nuisances consécutives au transport, la mise en œuvre de services de proximité électrique dans les centres villes apparaît comme une solution efficace. Ce mode de transport est idéal pour satisfaire les besoins de déplacement court et rapides, tant pour le transport de personnes que pour la livraison de colis, tout en préservant au mieux l'environnement. La propulsion électrique évite en effet les émissions locales de polluants, réduit les émissions de gaz à effet de serre et présente un fonctionnement particulièrement silencieux.

Plus propre, plus silencieux, plus sûre et plus 'intime', tel pourrait être le profil type le transport d'avenir plébiscité par les Français. Sorte d'intermédiaire entre la voiture et le transport collectif et facilitant l'inter modalité, cette nouvelle forme de mobilité inciterait peut être un certain nombre d'automobiliste à laisser leur voiture au garage.

Constat : Face à ces évolutions et attentes en matière de mobilité, les réponses classiques ne sont plus satisfaisantes :

La voiture particulière n'est plus la réponse, pour des raisons de :

- Protection de l'environnement,
- Réduction des nuisances sonores,
- Congestion du trafic et de l'espace urbain.

Les transports en commun, inadaptés en terme d'échelle, de souplesse des lors que le besoin de mobilité nécessitent des besoins spécifiques :

- Réponses incomplètes (quartiers enclavés, trajets transversaux) ;
- Raisons économiques (faiblesse des flux dans certains quartiers, aux heures creuses de la journée et de la nuit) ;
- Raisons techniques (déserte de sites protégés (quartiers historiques, zones piétonnes, hôpitaux, centres commerciaux, salons, ...)) ;
- Motifs 'sociaux' : satisfaire les besoins de clientèles déficitaires de mobilité (personnes âgées, PMR, enfants, etc. ...).

Objectifs du transport de proximité :

- Amélioration du maillage des réseaux existants
- Proximité double : spatiale et humaine

L'exploitation de systèmes de transport de proximité électrique en centre ville s'intègre dans une démarche de développement durable :

Par ces objectifs :

- Renforcer la cohésion sociale et urbaine
- Proposer des alternatives crédibles à la voiture particulière

Par ces moyens :

- Contribuer à la création d'emploi
- Développer des solutions innovantes et attractives d'aide à la mobilité
- Privilégier les 'véhicules propres' et de petite capacité.

En conséquence, le Nanobus apparaît comme une solution pertinente pour :

- Répondre aux demandes de déplacements de proximité en agglomération en complément aux transports collectifs existants,
- Réduire l'engorgement de certains quartiers et l'accroissement des nuisances qui en résulte,
- Desservir des zones protégées non accessibles aux transports conventionnels, comme les quartiers piétonniers et historiques, tant pour des livraisons de marchandises que pour le transport de personnes,
- Améliorer l'accès des personnes à mobilité réduite aux commerces ou aux habitations,
- Répondre à la demande de livraison à domicile,
- Valoriser le potentiel touristique en proposant des solutions de déplacements propres et silencieux,
- Satisfaire aux besoins spécifiques sur des zones d'activités tertiaires ou dans des espaces de loisirs qui subissent des périodes d'afflux exceptionnel de visiteurs.

Cahier des charges du Nanobus

L'étude de faisabilité du véhicule fait apparaître certains besoins sollicités par des utilisateurs, des gestionnaires de flottes, des élus et représentants de collectivités territoriales, des professionnels du transports, des institutionnels, ...

Ci-dessous, les principaux critères à l'origine du cahier des charges du Nanobus

Concept Nanobus : produit et du service

Certains critères sont antagonistes, il convient donc de trouver un compromis acceptable.

Ergonomie du véhicule :

- Très grande accessibilité (PMR, caddie, poussette, ...),
- Capacité d'accueil de 7/9 personnes,
- Véhicule de faible largeur pour circuler dans des rues étroites,
- Convivialité,
- Grande visibilité vers l'extérieur,
- Commodité, confort : Isolation de l'extérieur, grande porte latérale, chauffage,
- Possibilité de chargement (sac, paquet, courses, ...),
- Véhicule bas coût, fonctionnel ou 'basique'
- Identité du véhicule : Importance du design dans la sobriété,
- Bien être des passagers : isolation phonique, confort postural,
- Sécurité passive (ceintures de sécurité)
- Vitesse réduite (< 45 km/h).

Service de mobilité :

- Service attentionné : soutien et prise en charge, accueil et accompagnement des passagers,
- Silence et conduite apaisée,
- Nouveaux services de mobilité sur mesure : Navette, transport à la demande,
- Service complémentaire aux transports collectifs,
- Véhicule multi-fonction et multi-usage : transport de personnes ou/et de marchandises,
- Accessibilité au centre ville. Objectif : re-dynamiser les centres villes, augmenter la fréquentation des consommateurs,
- Permet de gérer les flux de personnes en centre ville,
- Passerelle avec les quartiers excentrés ou/et mal desservis (lien social),
- Souplesse du service: pas d'heure fixe, pas d'horaire imposé, arrêt à tout moment sur la ligne,
- Optimisation de la gestion de flotte pour une meilleure qualité du service et une meilleure rentabilité,
- Service citoyen, facteur de cohésion social et créateur d'emploi.

Contraintes techniques :

- Fiabilité du système pour une réduction des ruptures d'exploitation,
- Entretien du véhicule limité, maintenance aisée,
- Matériel résistant à l'usage,
- Facilité d'approvisionnement en pièces détachées,
- Réactivité du service après vente et de l'assistance technique,
- Plate forme du véhicule (liaison au sol : trains AV et AR, suspensions, crémaillère, ...) d'origine série : Berlingo (PSA), Kangoo ou Scenic (Renault),
- Recherche de réduction des masses du véhicule,
- Système de gestion de flotte et de localisation GPS,
- Production en quantités limitées,
- Simplicité de la conception, simplicité lors de l'assemblage,
- Structure robuste,
- Faible poids du véhicule,
- Besoin d'autonomie de 100 à 150 km,
- Aspect réglementaire (homologation)
- Véhicule basse vitesse.

Développement durable :

- Transport écologique, silencieux et économe : le projet contribue à sortir les automobiles des centres villes,
- Réduction des nuisances : bruit pollution, congestion de l'espace urbain, insécurité,
- Pérennité du projet :
 - o Démarche de CCO d'un véhicule innovant
 - o éco-conception et ingénierie collaborative qui s'inscrit dans une démarche de développement durable,
- Accessible avec le permis B : permet le recrutement de personnes en parcours d'insertion ou de professionnalisation et de jeunes en premier emploi

Contraintes économiques :

- Rentabilité du système (Retour sur investissement),
- Coût objectif : analyse de la valeur, process de fabrication, ...
- Prix de vente et coût de maintenance réduit,
- Véhicule vecteur de communication : véhicule propre et économe, valorisation et promotion de l'image du client (entreprises, collectivité, ...),
- Soutien financier sous forme de crédit d'impôt (Ademe) lors de l'acquisition de véhicule (3 kE),
- Disponibilité de la main d'œuvre : chauffeurs (livreurs) titulaires d'un permis B uniquement.

DOSSIER TECHNIQUE PRELIMINAIRE

Design, ergonomie	36
VE existants : transport & cybercar	37
Concepts à l'origine du Nanobus	38
Tendances (style, ergonomie)	39
Influences : colories, formes, matériaux	40
Principales caractéristiques techniques de la base roulante (liaison au sol)	41
Plate forme du véhicule	41
Configurations envisagées pour le Nanobus : standard, cabine avancée	42
Aménagement des espaces	44
Accessibilité	46
Disposition des sièges	47
Sièges et équipements de sécurité	48
Plancher	49
Ouvrants	50
Accès aux Personnes à Mobilité Réduite (PMR)	52
Cinématique de positionnement de la rampe d'accès	53
Modélisation du véhicule à partir des recherches de style (rough)	54
Design extérieur	54
Solution retenue en avant projet	55
Design intérieur	57
Conclusions et synthèse : Design/ergonomie	58



01 INDUSTRIE

VE transport & Cybercars



Concepts à l'origine du Nanobus :

- 1) Extension mobile du trottoir
- 2) Aménagement cabine
- 3) Transport de marchandises



L'extension mobile du trottoir



L'extension mobile du trottoir



Senior mobile





Tendances





01 INDUSTRIE

Influences : colories, formes, matériaux, ...



Principales caractéristiques techniques de la base roulante (liaison au sol) :

- Capacité : 9 personnes ou 7 personnes valides et 1 personne à mobilité réduite (PMR)
- PTAC (Poids Total Autorisé en Charge) : 2100 kg
- PVOM (Poids à Vide en Ordre de Marche) : 1400 kg
- Longueur maximale : 4500 mm.
- Largeur maximale de la carrosserie (sans les rétroviseurs) : 1800 mm.
- Hauteur maximale : 2200 mm.
- Voie avant (base Citroën Berlingo) : 1422 mm.
- Voie arrière (base Citroën Berlingo) : 1440 mm.
- Empattement version « standard » : 3150 mm.
- Empattement version « cabine avancée » : 2690 mm.

Performances (rappel) :

- Autonomie mini/cible : 100/150 kms.
- Vitesse maximale : 45 Km/h

Plate forme du véhicule

La plate forme du véhicule est issue d'un modèle de série. Ce choix est un gage de sécurité et de fiabilité.

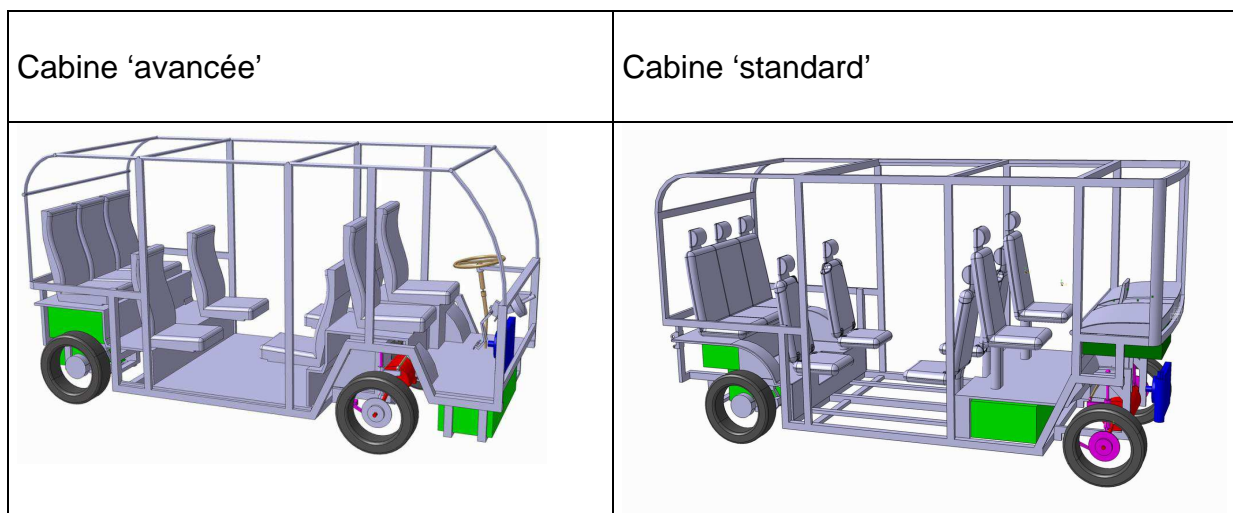
Pour le pré dimensionnement du véhicule la plate forme a été modélisée sur la base de composants de PSA (choix de la liaison au sol non arrêtée à ce jour).



Origines (potentielles) des composants de la liaison au sol :

	Nanobus	Berlingo/Partner	Kangoo	Jumpy (court)	Jumpy (long)	Jumper (moyen)	Master (moyen)
Empattement (mm)	3,15	2,69	2,6	2,82	3,22	3,2	3578
Voies avant (mm)	1,55	1,42	1,4	1,54	1,54	1,72	1,74
Voies avant (mm)	1,55	1,44	1,42	1,54	1,54	1,72	1,725
Maxi essieu AV	1000	930/1000	<	>	>	>	>
Maxi essieu AR	1000	970/1080	<	>	>	>	>

Configurations envisagées pour le Nanobus : standard, cabine avancée



La première étape de modélisation a permis de poursuivre la pré-étude des deux versions possibles du véhicule (cabine avancée, cabine standard). Pour cela il a été indispensable de disposer des encombrements des divers composants du véhicule et notamment des packs batteries.

Le volume et la masse des packs batteries sont des éléments très importants au début de l'étude car ils ont un impact sur la configuration du véhicule et la rigidité de la structure. Leur disposition dans la structure, au même titre que le nombre et la position des passagers affecte largement le comportement routier du véhicule.

Ils doivent être placés avec soin (de préférence au niveau le plus basse pour abaisser le centre de gravité du véhicule) en ne perturbant pas l'accès au véhicule.

Les modèles CAO créés permettront de tester différent emplacement pour les batteries. A ce stade du projet , nous nous sommes basées sur les batteries Zébra (MES DEA) pour leur compromis énergie massique/prix.

Les batteries Zébra sont par ailleurs utilisées par Gruau pour la version électrique du Microbus.



Base roulante Nanobus

La plate forme Nonobus a comme particularité d'être multi-fonctionnelle. Une version utilitaire sera déclinée ultérieurement.



Véhicule utilitaire léger

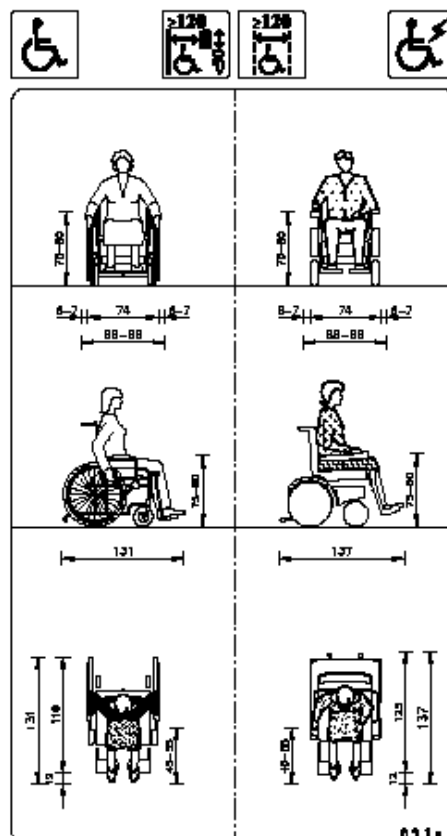
Aménagement des espaces

Le Nanobus est un véhicule dont la fonction principale est le transport de personnes. Le cahier des charges précise que la capacité de transport doit être de 7 à 9 personnes, afin de correspondre au marché auquel il est destiné.

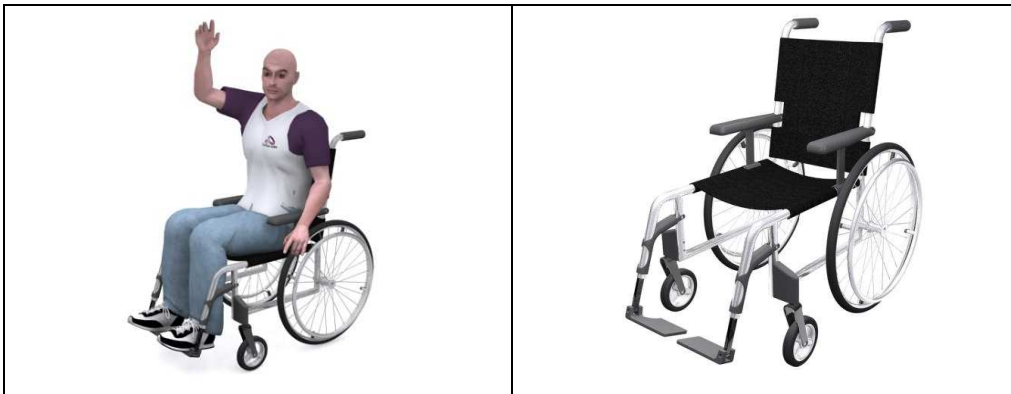
Un des points essentiels du véhicule réside dans la possibilité d'accueillir avec une grande simplicité 1 à 2 personnes à mobilité réduite (PMR).

Un travail préalable de recherche documentaire, nous à permis de mener efficacement cette étape de définition et d'aménagement des espaces. Nous nous sommes appuyés principalement sur des analyses de l'existant dans le domaine du transport public et des véhicules pour particuliers. Nous nous sommes également inspirées des espaces préconisés par les fabricants de sièges.

Le transport de personnes handicapées est un des points majeurs de l'étude. Il existe des normes précises, qui préconisent des espaces nécessaires aux déplacements et aux stationnements des personnes en fauteuil roulant. Afin de répondre au mieux à leurs attentes, il était intéressant de connaître le point de vue de personnes handicapées en ce qui concerne le transport public. Les sites Internet dédiés et la consultation de forums de discussion spécialisés nous ont permis de définir nos axes de réflexion.



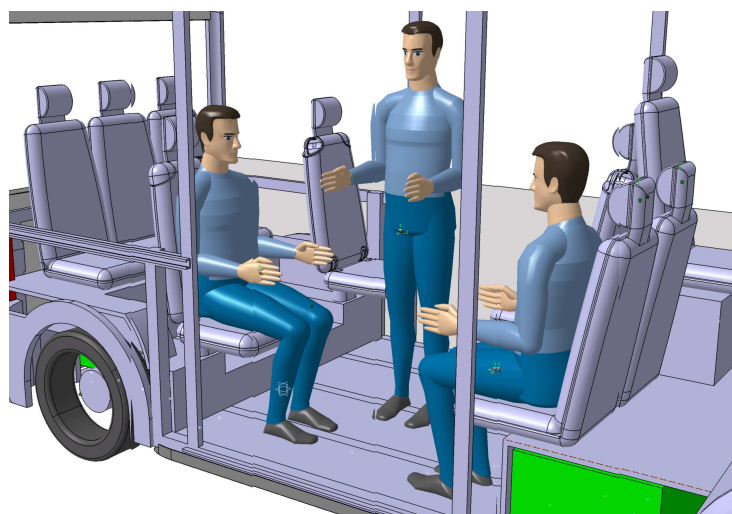
C'est à partir de ces éléments que nous avons défini les espaces nécessaires au transport de passagers et de personnes handicapées. L'étude s'est effectuée directement sur le modèle CAO. Grâce à cet outil, il est possible de visualiser instantanément le résultat des modifications effectuées.



Modélisation 3D d'un individu dans un fauteuil roulant

Accessibilité

Un des points essentiels dans le transport de personnes réside dans la facilité d'accès à l'intérieur du véhicule et à l'accessibilité aux sièges passagers disponibles.



A la base de l'étude, la garde au sol du véhicule a été déterminée à 170 mm. Avec une épaisseur de plancher comprise entre 60 mm et 100 mm, selon les matériaux utilisés (non définitif pour le moment), le passager doit franchir une marche de 230 à 270 mm, à partir de la chaussée pour accéder au véhicule.

Si le passager accède au véhicule à partir d'un trottoir (190 mm), la 'marche' est réduite à 40 ou 80 mm.

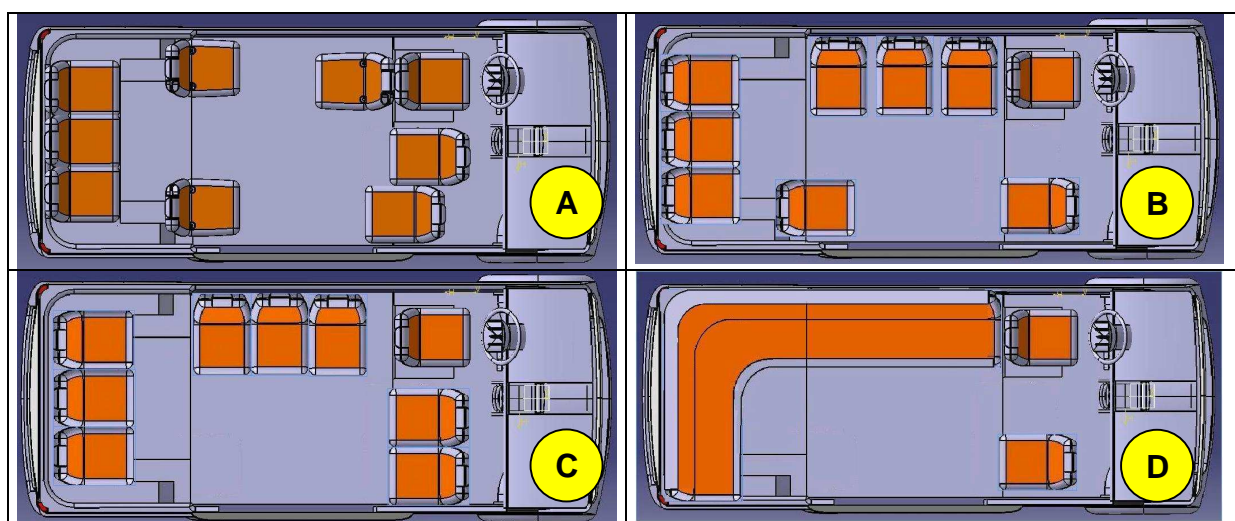
A l'intérieur du véhicule, le but est de déterminer :

- L'encombrement et disposition des espaces passagers,
- Le nombre et répartition des sièges (ou banquette),
- La forme du plancher,
- Le nombre et position des portes
- etc.

Disposition des sièges

Après avoir mis en évidence les espaces nécessaires au transport de chaque passager, l'étape suivante consiste à disposer l'ensemble de ces espaces à l'intérieur du véhicule.

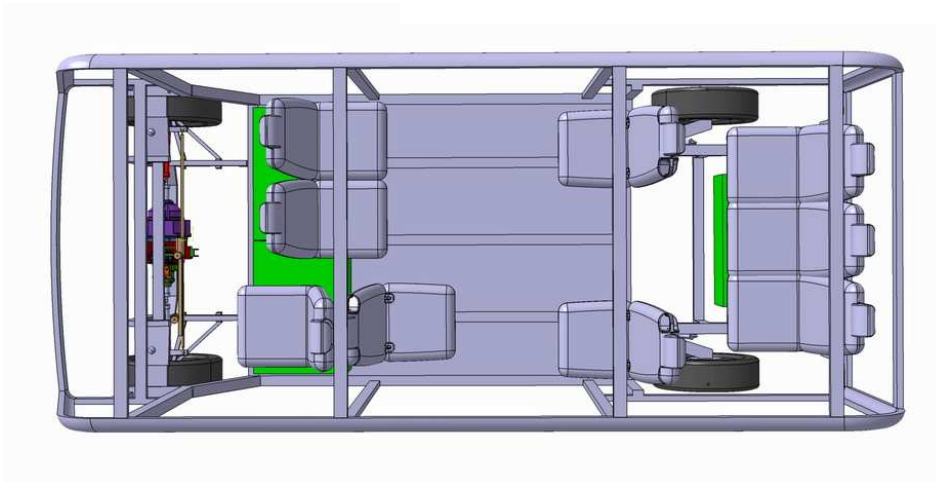
Plusieurs configurations ont été envisagées parmi lesquelles :



B, C, D non retenue pour cause de la disposition des sièges non conforme avec la réglementation.

Contrairement au bus, la réglementation nous impose d'orienter les sièges et les passagers dans l'axe du véhicule. La réglementation (et le fait que le Nanobus évolue à vitesse réduite : < 45 km/h) nous permet de disposer des sièges dans le sens inverse de la marche du véhicule.

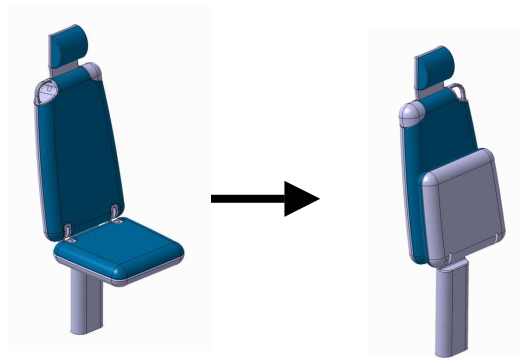
Solution envisagée en avant projet



Sièges et équipements de sécurité

Le Nanobus doit permettre d'accueillir 1 à 2 PMR. Cela impose que certains sièges soient rabattables. Ainsi, les espaces sont suffisants pour permettre aux PMR d'accéder au véhicule avec leur fauteuil roulant.

La législation impose, pour cette catégorie de véhicule, que tous les passagers soient attachés. Cette réglementation nécessite de disposer une ceinture de sécurité pour tous les sièges, y compris les sièges rabattable (strapontins).



Pour satisfaire aux tests d'homologation, la ceinture de sécurité, le siège et par conséquent la structure sur laquelle ils se rapportent seront soumis à d'importantes contraintes.

Nous devons tenir compte de ces contraintes lors de la conception du véhicule. Ainsi, nous envisageons de positionner des poutres de renfort, du plancher au plafond du véhicule, sur lesquelles seront rattachés les sièges. Ces poutres serviront également au maintien des passagers à la montée et à la descente du véhicule.

Enfin, le siège du conducteur est un outil de travail, il doit être confortable et de qualité. Ce confort passe par les différentes possibilités de réglage du siège et par la qualité de l'assise et du dossier. Les sièges seront issus de catalogues fournisseurs.

Plancher

Pour définir la forme du plancher, nous devons prendre en compte l'encombrement des systèmes mécaniques et électriques du véhicule, de manière à élaborer un ensemble cohérent et fonctionnel.

Le plancher doit être le plus plat possible (peu de niveaux, peu de marches), de façon à faciliter l'accès de toutes les personnes.



Ouvrants (systèmes d'ouverture)

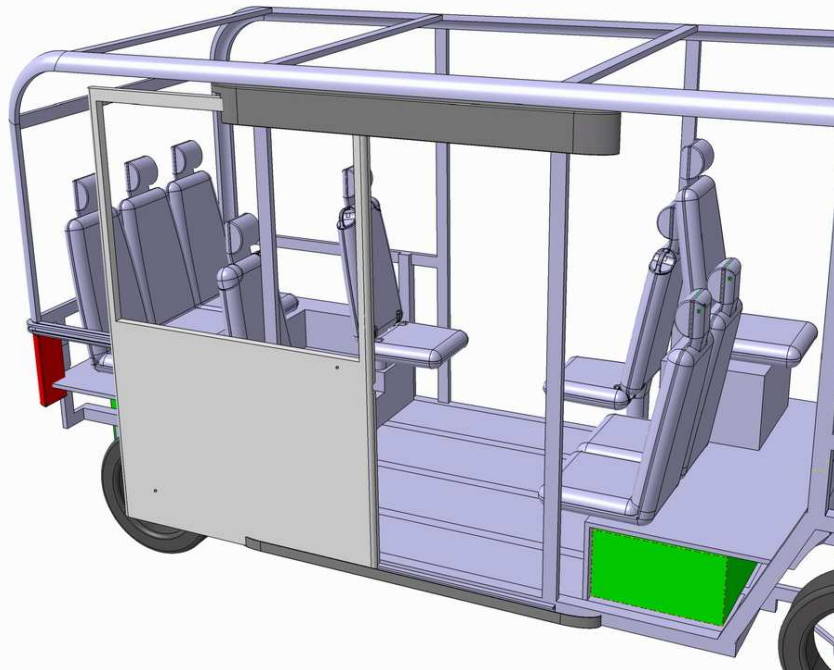
Le premier des ouvrants donne accès à l'espace conducteur (portière conducteur). Il s'agit d'une porte traditionnelle montée sur charnières. L'ensemble portière et charnières doit être robuste. Le chauffeur pourra être amené à monter et descendre souvent du véhicule :

- Pour assister les voyageurs (personnes âgées, personnes handicapées, etc...),
- En cas de livraison (VUL²)

Le deuxième ouvrant permet l'accès aux passagers. Pour des raisons pratiques et économique, le système qui a été retenu se compose d'une porte à ouverture manuelle montée sur 3 rails qui effectue un simple mouvement de translation.

Ce système a l'avantage d'être d'une grande simplicité. Robuste et économique, il laisse également la possibilité de recevoir ultérieurement un système d'ouverture automatique à commande électrique.

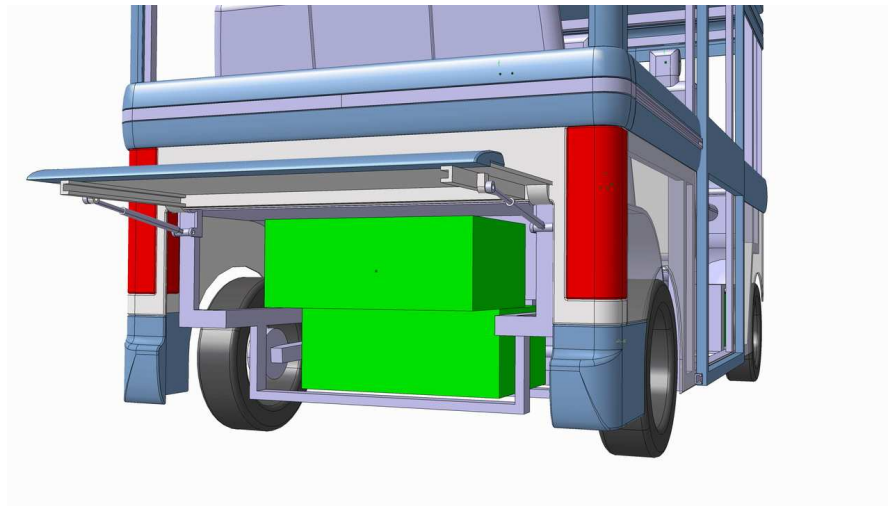
La position et la largeur de la porte a été établie en fonction de la position des sièges ainsi que la dimension nécessaire au passage d'un fauteuil roulant (mini 1,20 m).



² VUL : Véhicule Utilitaire Léger

D'autres systèmes d'ouverture ont également été envisagés. Il s'agit de systèmes présents sur les véhicules de série, comme les ouvertures par charnière, mais également des systèmes plus complexes présentés sur les autobus actuellement en circulation, comme les portes automatiques à doubles battants.

Le coffre à l'arrière du véhicule qui donne l'accès à un compartiment bagages ou batteries (selon la configuration retenue suite à l'avant projet) et le capot moteur seront montées sur charnières.



Système d'ouverture du coffre

Pour plus de simplicité et pour réduire les coûts, les fenêtres (conducteur et passager) sont prévues sur glissière.

Accès aux Personnes à Mobilité Réduite (PMR)

Comme indiqué précédemment, une grande attention a été portée sur l'accessibilité des personnes handicapées. Le Nanobus sera doté d'une rampe d'accès dont nous avons mené une pré-étude technique en avant projet.



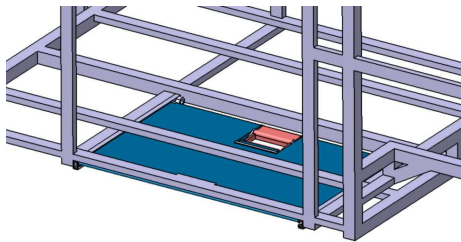
Hypothèse de 2 PMR (à valider)

La rampe d'accès pour personnes handicapées doit répondre aux critères suivants :

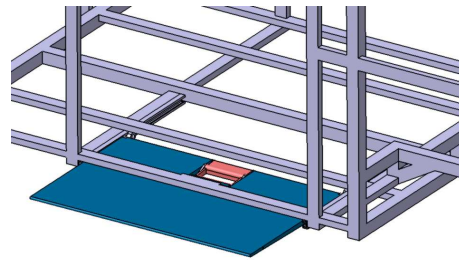
- Etre robuste pour permettre le passage d'un fauteuil roulant,
- Etre fiable pour autoriser un nombre répété de manipulations
- Avoir un encombrement réduit,
- Etre ergonomique : facilité d'accès et d'utilisation (manipulation manuelle),
- Ne pas être visible lorsqu'elle n'est pas utilisée (confort esthétique, risque de collision),
- Se situer au niveau du plancher du Nanobus.

Cette mini-étude a pour but d'identifier des principes (pistes), qui seront étudiés plus en détails ultérieurement.

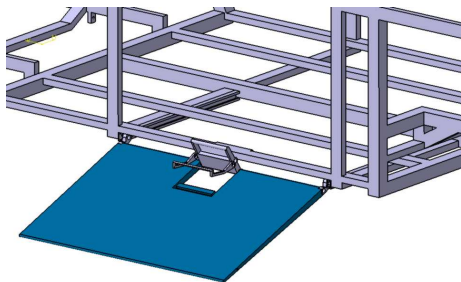
Cinématique de positionnement de la rampe d'accès



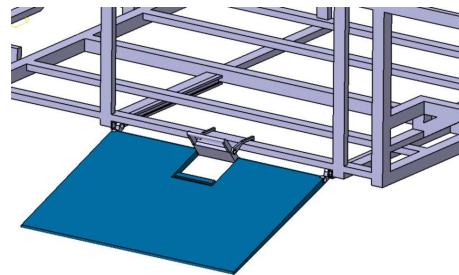
1. Rampe fermée



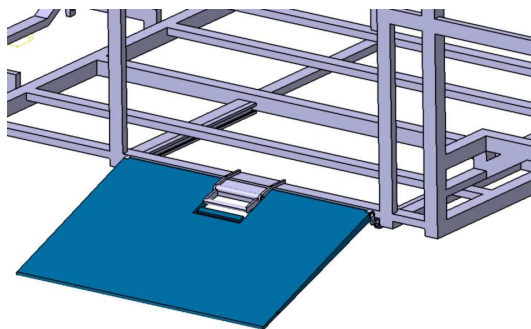
2. Ouverture



3. Enclenchement du verrouillage



4. Verrouillage



5. Rampe déployée

Ce système de rampe escamotable ergonomique, intégrée dans la structure évite au conducteur des déplacements et des manipulations mettre en place le système.