

Facteur 10 – Le véhicule

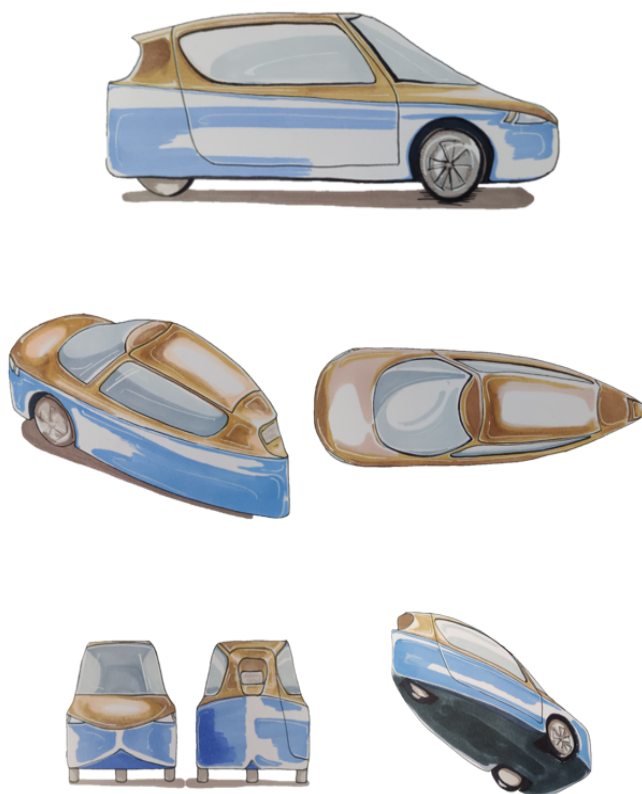
1. Idéation – Cahier des charges, design et évolutions

« Je crois que l'automobile est aujourd'hui l'équivalent assez exact des grandes cathédrales gothiques : je veux dire une grande création d'époque, conçue passionnément par des artistes inconnus, consommée dans son image, sinon dans son usage, par un peuple entier qui s'approprie en elle un objet parfaitement magique. » *Roland Barthes 1957*

1.1. Genèse

La raison d'être du projet Facteur 10 est l'efficacité énergétique du véhicule à l'usage. Le véhicule quant à lui doit être un substitut crédible à l'automobile : pouvoir transporter 2 personnes, sur tout type de routes en sécurité et à l'abri des intempéries.

Dans cette perspective, les véhicules expérimentaux des courses de voitures solaires, les modèles aérodynamiques de référence ont modelé une première proposition design et un cahier des charges insistant sur la qualité perçue du produit (matériaux, durabilité, finitions) et la réponse au besoin de transport. Ce travail a abouti à un premier design, sur lequel les modélisations de consommation ont confirmé la crédibilité d'un véhicule consommant moins de 2kwh/100km (1.1kwh/100km - voir dossier énergétique). La partie était jouée...



Facteur 10 – proposition design juin 23

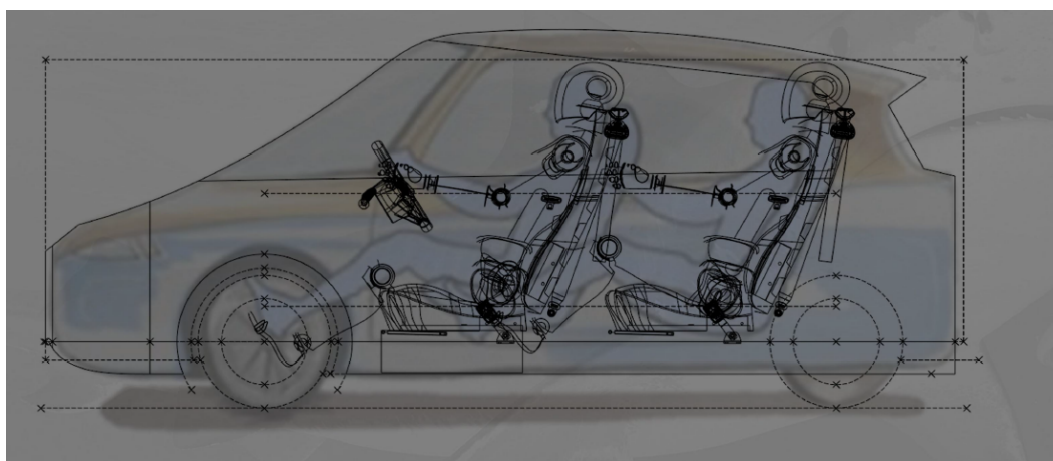
Spécifications techniques	
2 places l'une derrière l'autre	Source d'Énergie : 100% élec
Permis B + formation	Poids : 200kg
Homologation L5e	L x l x H : 325cm/103cm/125cm
Performance : 110km/h en toutes conditions	Châssis/carrosserie : aluminium/composites
Autonomie 150km (en toutes conditions)	Sécurité : Ceintures de sécurité/Airbag/protection contre les chocs et le renversement/éclairage
Puissance moteur : 5-8kW électrique (incompatible avec accès code de la route pour accès autoroutier)	Protection des intempéries, Chauffage, ventilation

1.2. Toucher le rêve automobile

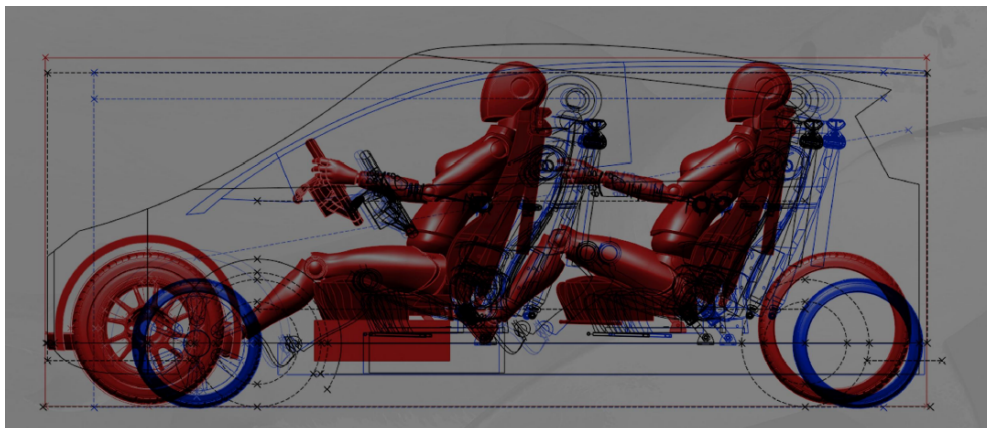
Avec cette première proposition, l'objectif de consommation était atteint. Techniquement crédible, elle a généré enthousiasme lors de partages mais a parallèlement conduit à une refonte complète. En effet, la proximité du concept avec une voiture a inévitablement conduit à la comparaison pour les utilisateurs et acheteurs.

A l'instar de Roland Barthes, nous avons fait l'expérience que notre véhicule touchait au rêve automobile. Que l'automobile, façonnée par 150 ans d'existence, d'expérimentations, d'industrialisation et de passion, est et sera le maître étalon de notre proposition par les futurs acquéreurs.

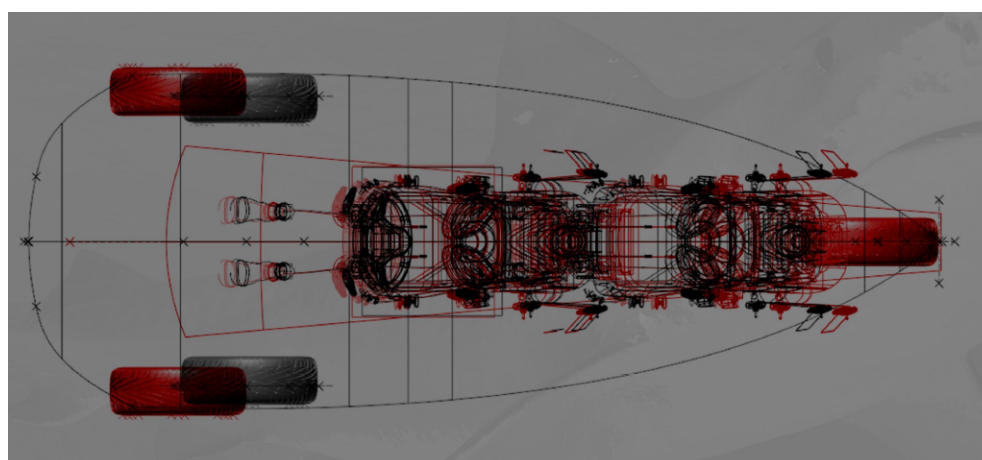
Il nous est apparu que le monde automobile a plus à apporter au projet en termes de technologies et de rêve. Nous avons alors embrassé l'idée de tenir la comparaison avec le meilleur de ce qu'offre l'automobile tout en conservant l'ambition initiale du projet de réduire la consommation d'énergie du véhicule d'un facteur 10. Inscire le facteur 10 dans la continuité des révolutions automobiles.



Modélisation package initial



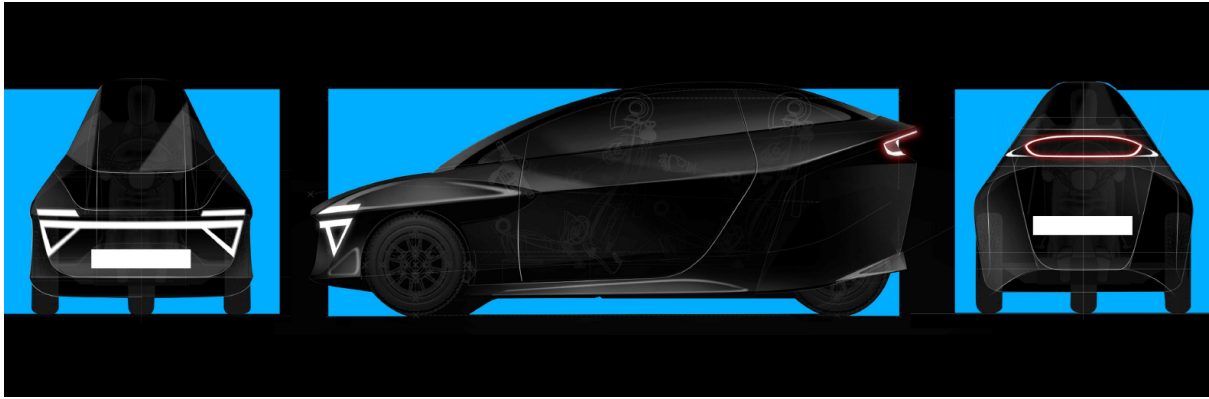
Evolution vers standard automobile



Package intermédiaire version 3 roues



Recherches de style



Recherches de style

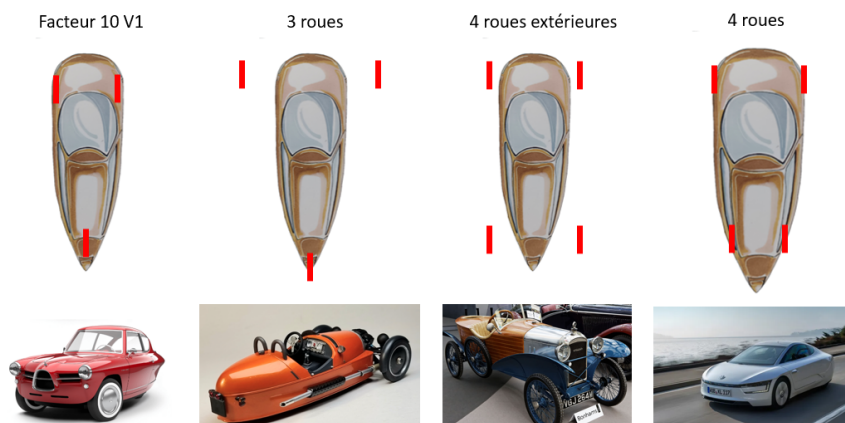
1.3. Discussions sur la configuration : nombre de roues

Initialement le projet prévoyait un véhicule 3 roues pour 2 raisons essentielles : réduction du poids, et cohérence avec le profil goutte d'eau. Pour des raisons de stabilité la configuration 3 roues impose un élargissement de voie avant à une largeur supérieure à 1.50m et parallèlement pour tenir les objectifs de consommation et la surface frontale le plus réduite la sortie des roues de la carrosserie.

Bien que la configuration 3 roue soit pertinente énergétiquement parlant (voir proposition Aptera Motor), plusieurs facteurs ont conduit à l'adoption d'une quatrième roue : l'augmentation de poids structurelle liée à un fort élargissement de la voie avant, la stabilité intrinsèque moins bonne à 3 roues et l'encombrement au sol en dernier lieu. Projetant l'utilisateur de Facteur 10 dans son usage et dans l'image que le véhicule lui renvoie, nous avons opté pour un véhicule plus compact et moins disruptif qu'une configuration 3 roues à voie avant large.

L'adoption d'une quatrième roue a conduit à modifier l'aérodynamique arrière du véhicule avec un travail sur le plan vertical (diffuseur, profil fastback) en plus d'une réduction de largeur. Les impératifs sécurité/homologation induisent une troncature du véhicule.

Une option non retenue par le projet dans le cadre des véhicules à voie étroite, notamment proposée dans le concept car Nissan land-glider, est celle d'un véhicule s'inclinant dans les virages. La complexité des systèmes, leur poids (s'ils sont mécaniques) ou le nombre d'éléments/actionneurs (s'ils sont électriques) nous a semblé incompatibles avec le principe de juste utilisation des meilleures technologies. La disponibilité industrielle de ces technologies et la maintenabilité sur des cycles de vie longs posent encore question. Ils sont néanmoins une piste d'avenir car permettent de réduire davantage l'encombrement au sol tout en promettant des surfaces frontales réduites.



Recherches de configurations et inspirations pour un véhicule « étroit » (narrow track vehicle)

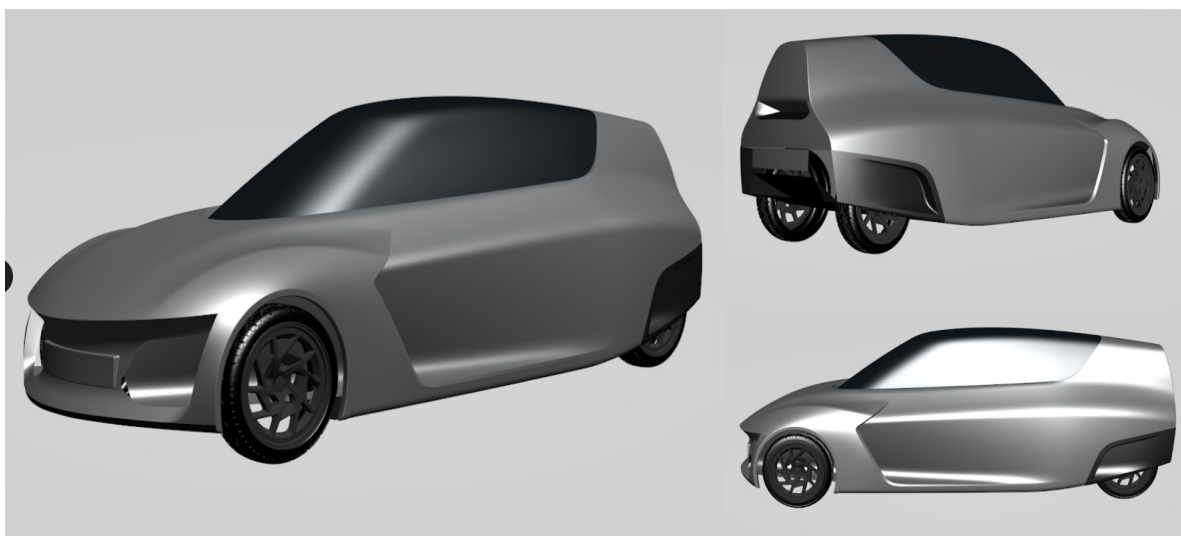
2. Le véhicule

2.1. Proposition finale de l'Idéation

La proposition arrêtée pour la phase d'Idéation est la suivante : un véhicule biplace en tandem pour assurer une surface frontale réduite, une configuration à quatre roues (homologation L7 ou M1) pour assurer stabilité et élégance au véhicule. Facteur 10 adopte une configuration favorable à l'optimisation aérodynamique et ses dimensions contenues sont également favorables à contenir le poids.

En ce qui concerne les prestations offertes, Facteur 10 est tout entier tourné vers le minimalisme : offrir juste ce qu'il faut mais tout ce qu'il faut pour rivaliser avec une voiture. On retrouvera donc l'éclairage, un système de chauffage/climatisation, et une attention particulière à la sécurité avec l'adoption des organes automobiles (crash box - renforts latéraux, airbag ABS, ESP).

Pour le châssis, celui-ci sera en aluminium. Les éléments intérieurs et la carrosserie seront essentiellement en composites (le détail du terme « composites » étant à définir dans les phases ultérieures). Il est vraisemblable que les pare-chocs et parties devant absorbées des chocs soient en polypropylène (qualité, recyclabilité) et des composites variés pour les organes structurant que sont le capot ou la carrosserie arrière (plastic fiber reinforced, fibre de verre, de kevlar ou de carbone, plastiques renforcés de carbone recyclé...)



Le véhicule Facteur 10 en fin de phase idéation (Nov 23)

2.2. Évolutions à venir

Le véhicule dans la continuité du projet doit franchir 2 étapes importantes : une étude aérodynamique approfondie pour l'optimisation du Cx ainsi qu'une étude de faisabilité.

Le design est lui-même toujours en évolution, la validation des fournisseurs du moteur et de la batterie seront des étapes importantes pour le figer. Les dimensions de la batterie étant dimensionnantes

3. Powertrain - des composants référencés sur le marché

Pour assurer la réparabilité sur le long terme ainsi que la fiabilité, Facteur 10 prend le parti d'utiliser des technologies éprouvées et industriellement démontrées. Nous avons pris le parti d'une motorisation / batterie en 48V pour des raisons de simplicité et donc de durabilité. Cette technologie utilisée pour les véhicules hybride s'avère particulièrement adaptée à un véhicule du format de Facteur 10.

Les composants présentés ci-dessous et envisagés sont issus des chaînes de traction de Citroën Ami, Renault Twizy mais également de systèmes d'hybridation de véhicules Peugeot / Volkswagen. Plusieurs gammes de puissances sont envisageables chez Valeo/Dana TM4 et d'autres (les composants s'avèrent être les mêmes).

Ces entreprises proposent des systèmes configurés pour le véhicule désiré.
ci-dessous quelques précisions sur les éléments envisagés :

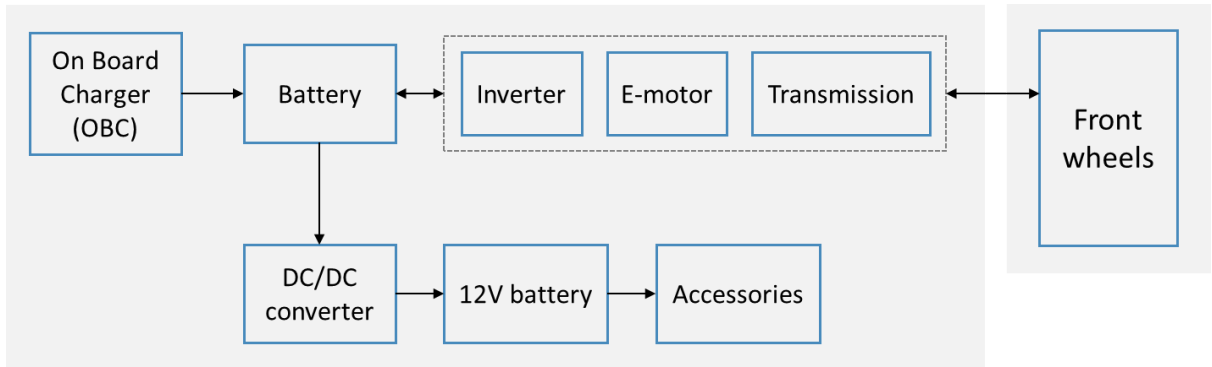


Schéma général des composants



Motor characteristics	Value
Air cooled	Yes
Voltage [V]	48
Continuous Power [kW]	6,5
Peak Power [kW]	12,5
Continuous output Torque [Nm]	17
Peak output Torque [Nm]	52
Weight [kg]	20,57
Max. speed [rpm]*	15000
Reducer ratio	10

*Missing information assumed

Table 3. E-motor data

Moteur

Battery characteristics	Value
Voltage window [V]	45,6 - 30
Typical capacity (C/5) [Ah]	41
Typical energy (C/5) [kWh]	1,624

³ [eS1100i 48V e-Drive System \(dana.com\)](http://eS1100i.48V.e-Drive.System.dana.com)

⁴ [Modul'ion12-MediumPower](#)



Pack batterie (format non compatible véhicule, alternatives existantes)

Battery characteristics	Value
Voltage [V]	12
Capacity [Ah]	8
LxHxW [cm]	15x10x7
Weight [kg]	0,7

Table 5. Aux battery data



Batterie auxiliaire

DC/DC characteristics	Value
Power [kW]	1
Input -> Output [V]	48 -> 11,2
Current [A]	90
LxHxW	50x15x30
Weight [kg]	0,09
Efficiency [%]	96

Table 6. DCDC converter for auxiliaries



Chargeur

4. Matériaux et Cohérence social et environnementale

Une attention toute particulière sera portée aux matériaux sélectionnés, les bilans carbone ainsi que le caractère recyclable des composants. L'approche qualité de Facteur 10 doit permettre de faciliter cette démarche. A ce stade nous voyons déjà néanmoins des compromis d'ingénierie à concéder : toutes les filières matériaux n'existent pas ou pas à des échelles industrielles et les matériaux les plus performants peuvent avoir un bilan énergétique défavorable vs des matériaux plus standard (c'est le cas de l'aluminium par rapport à l'acier 3 fois plus énergivore à la fabrication mais dont le bénéfice finale en poids véhicule s'avère justifié énergétiquement). La ligne de conduite de Facteur 10 est claire : le matériel qui réduit le bilan énergétique sur l'ensemble du cycle de vie l'emporte (cf. dossier énergétique, la construction véhicule représente 20% du bilan énergétique contre 80% pour l'usage).

5. Composants

5.1. Aperçu

La sélection des composants est critique pour la masse finale du véhicule et in fine sa consommation. La « bill of material » actuelle montre un poids final estimé de 365kg, contigence incluse.

L'objectif lors de la prochaine phase est de descendre ce poids sous la barre des 300kg.

récap	poids kg
chassis	32
cycle	57
energie	65
batterie	70
habitacle	35
carrosserie	50
sécurité	23,2
contingences 10%	33,22
total	365,42

Bilan massique de la BoM

5.2. Détails

catégorie	Pièces	Make or Buy	commentaire (fournisseurs)	poids		
				nbre	unitaire	poids
chassis	Chassis / crash box	make	inclus arceaux sécurité (cecam /Cecomp)	1	30	32
cycle	roues	buy	15"	4	5	20
cycle	pneus	buy	type 2CV dispo marché et faible surface de contact (michelin)	4	3,5	14
cycle	amortisseurs	buy		4	1,5	6
cycle	triangle directionnels	make	(hydro/Cecomp)	2	1,5	3
cycle	freins a disque + étriers + cables	buy		4	2	8
cycle	bras oscillant ar	make	(hydro/cecomp)	2	3	6
Energie	moteur	buy	système intégré (Valeo /Dana TM4)	1	56	50
Energie	electronique de puissance	buy	cable / connectique (Valeo / Dana TM4)	1	5	5
batterie	batterie	buy	10kWh (Saft / Plastic Omnium / Emersive)	1	70	70
Energie	chargeur et connectique	buy	(Valeo/TDK)	1	3	3
Energie	cooling batteries / chargeur	buy		1	4	4
Energie	ordinateur de bord	buy		1	1,5	1,5
Energie	cables et chemins de cable	buy		1	1,5	1,5
Habitacle	sièges et support	make & buy	siège arrière intégré (Recaro)	2	8	16
Habitacle	ceintures de sécurité	buy	(Valeo)	2	3	6
habitacle	pédalier/volant / commandes	buy		1	3	3
habitacle	chauffage reversible / desembuage	buy		1	4	4
habitacle	intérieur textiles / affichage	buy		1	6	6
carrosserie	carrosserie / passage de roues	make	(Plastic Omnium / Forvia)	1	25	25
carrosserie	isolant phonique	buy		1	4	4
carrosserie	pare brise verre	buy	(Saint-Gobain)	1	4,5	4,5
carrosserie	fenêtres latérales	buy		2	3,5	7
carrosserie	portières + renfort latéral alu	make		2	4	8
carrosserie	serrure portière	buy		2	0,4	0,8
carrosserie	joints de pare brise / vitrage	buy		1	0,7	0,7
sécurité	optique avant arrières / tout feux	buy	(Valeo)	4	0,8	3,2
sécurité	rétroviseurs caméra + ecrans	buy	(Valeo)	2	0,8	1,6
sécurité	essuie glace	buy	(Valeo)	1	1,2	1,2
sécurité	plaque d'immatriculation	buy		2	0,4	0,8
sécurité	éclairage plaque d'immatriculation	buy		2	0,2	0,4
sécurité	ABS/ESP	buy	Bosch	1	8	8
sécurité	air bag	buy		4	2	8
poids total hors contingences						332,2