

Rapport intermédiaire 2004, 28. Juli 2006

# MUPUM

## (Multiple Purposes Mover)

Auteur	Jean-François Urwyler
Institution mandatée	HTI Bienne
Adresse	Quellgasse 21 / Postfach 2501 Bienne
Telephone, E-mail, adresse	032 358 00 55, <a href="mailto:jean-francois.urwyler@hti.bfh.ch">jean-francois.urwyler@hti.bfh.ch</a> , <a href="http://www.hti.bfh.ch">www.hti.bfh.ch</a>
Internet	
BFE Projekt-/Verfügung-Nummer	100719/150838
Verfügung Nr	2 octobre 2004 au 31 mai 2005

### RESUME

Cette étude de faisabilité a permis de mettre en évidence des solutions possibles pour la réalisation d'un véhicule communal à utilisation multiple.

Le principe est d'offrir aux communes un véhicule porteur équipé d'une cellule interchangeable. Selon la cellule utilisée, on peut ainsi transporter des enfants, des handicapés ou des matériaux divers tel que déchets verts, bouteilles PET pour recyclage, autres.

La cellule interchangeable peut être déplacé verticalement pour permettre un accès plus aisé aux enfants et au handicapés. Un système de déplacement vertical et d'arrimage de la cellule a été développé.

Une motorisation hybride (moteur à combustion plus moteur électrique) a été retenu. Le moteur thermique entraîne les roues avants alors que le moteur électrique entraîne les roues arrières. Le véhicule pourrait donc être utilisé en traction, en propulsion ou, au besoin en quatre roues motrices. La technologie hybride adoptée en fait un véhicule destiné aux déplacements dans les localités ou sur parcours vallonné. La récupération d'énergie autorisée par l'entraînement hybride permet une réduction de la consommation de carburant fossile estimée à 15 % selon les conditions d'utilisation. L'émission de CO<sub>2</sub> est donc réduite dans cette proportion.

La conception des éléments constitutifs du véhicule a été poursuivie dans un souci constant de réduction des coûts de production, afin de rendre le véhicule accessible au plus grand nombre possible de communes.

Des analyses de résistance par FEM ont aidé les concepteurs à trouver des solutions de construction rigide tout en épargnant du poids.

Une étude marketing a permis de mettre en évidence les critères de choix et les attentes des clients potentiels.

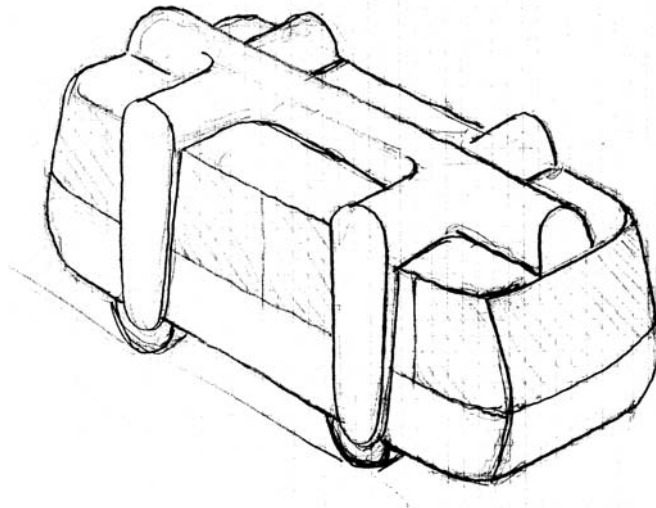
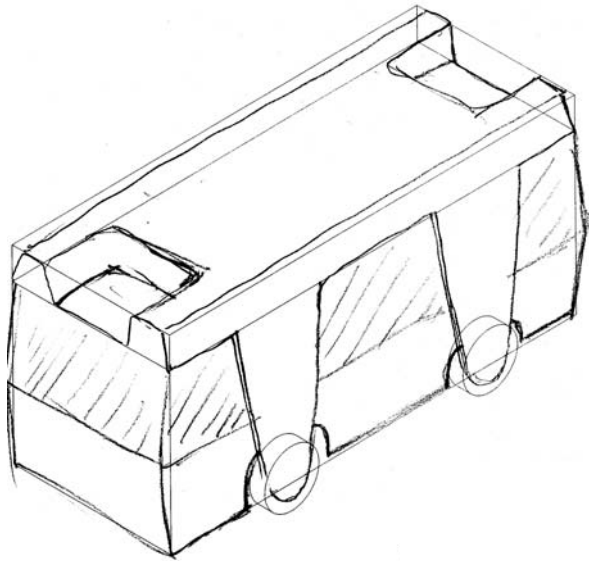
Les divers canaux publicitaires ont été évalués et classés par ordre d'importance. Un classement des clients potentiel a été réalisé pour les sept cantons choisis comme cible de l'étude marketing.

Les résultats de l'étude permettent maintenant d'établir un cahier des charges définitif destiné à la réalisation d'un prototype. Une synthèse des travaux réalisés permettra de fixer les solutions à adopter pour ce prototype. Compte tenu du coût de fabrication d'un prototype, un modèle à l'échelle 1 :4 ou 5 peut être construit pour présenter le concept à des clients potentiels et ainsi rechercher un financement du véhicule prototype.

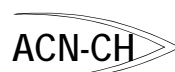
28. Juli 2006

# MUPUM

## Multiple Purpose Mover



Jean-François Urwyler©



Projektpartner

## Table des matières

<b>Liste des mots clés</b>	<b>5</b>
1. Glossaire	5
2. But du travail	6
3. Exigences du véhicule	6
4. Concept du véhicule	8
4.1. Condition de changement de cellule	9
4.1.1. Solution envisagée pour le changement de cellule	9
4.2. Résistance et rigidité de la structure porteuse et de la cellule	10
4.3. Entraînement	11
4.3.1. Choix de la technologie de l'entraînement	11
4.4. Construction du groupe de propulsion	13
4.5. suspension	15
5. Analyse marketing	16
6. Benchmarking	19
7. Suite du développement	20
8. Conclusion	21

### Les partenaires du projet

#### Projektleitung:

Berner Fachhochschule

Hochschule für Technik und Architektur Biel-Bienne

Abteilung Automobiltechnik

Jean-François Urwyler, Professor für Mechatronik

Quellgasse 21

2501 Biel-Bienne



032 321 62 64

FAX

032 321 65 00

e-mail

jean-francois.urwyler@hta-bi.bfh.ch

<http://www.hti.bfh.ch>

#### Industriepartner

Carrosserie HESS AG

Alex Naef

Dipl. Automobilingenieur

Bielstrasse 7

Bellach



032 617 34 11

FAX

032 617 34 00

e-mail:

[alex.naef@hess-ag.ch](mailto:alex.naef@hess-ag.ch)

<http://www.hess-ag.ch>

#### Funi-Car AG

Peter Moser

Seevorstadt 17

Biel



032 329 13 13

FAX

032 329 13 99

e-mail:

[funicar@funicar.ch](mailto:funicar@funicar.ch)

<http://funicar.ch>

#### Projektingenieure

Bolla Antonito



031 921 68 62

e-mail:

[antonito.bolla@hti.bfh.ch](mailto:antonito.bolla@hti.bfh.ch)

#### Feldmann Hansueli



032 321 64 11

e-mail:





[hans-ulrich.feldmann@hti.bfh.ch](mailto:hans-ulrich.feldmann@hti.bfh.ch)

#### Gerster Bernhard



032 358 00 11

---

	e-mail: <a href="mailto:bernhard.gerster@hti.bfh.ch">bernhard.gerster@hti.bfh.ch</a>
Gisler Hans-Jörg	 032 617 34 11 e-mail: <a href="mailto:hans-joerg.gisler@hess-ag.ch">hans-joerg.gisler@hess-ag.ch</a>
Kaufmann Rolf	 032 331 32 56 e-mail: <a href="mailto:Kar@hta-bi.bfh.ch">Kar@hta-bi.bfh.ch</a>
Andreas Kessi	 032 321 63 61 e-mail: <a href="mailto:andreas.kessi@hti.bfh.ch">andreas.kessi@hti.bfh.ch</a>
Meier Karl	 032 321 63 62 e-mail: <a href="mailto:karl.meier@hti.bfh.ch">karl.meier@hti.bfh.ch</a>
Schwarzenbach Heiri	 032 321 64 15 e-mail: <a href="mailto:sah@hti.bfh.ch">sah@hti.bfh.ch</a>

## Liste des mots clés

MUPUM  
Motorisation hybride  
Véhicule communal  
Véhicule pour applications multiples  
Transport d'handicapés

### 1. Glossaire; explication des termes spéciaux

Cellule	Le terme module est aussi utilisé. Il s'agit de l'unité de transport interchangeable rattachée au véhicule.
Hybride	Dans le texte désigne un système d'entraînement du véhicule formé d'un moteur à combustion interne et d'un ou plusieurs moteurs électriques.
Portique	Partie du véhicule qui supporte les roues et la motorisation
Structure porteuse	Structure qui support la cellule et les portiques
FEM	Calcul de résistance mécanique par la méthode des éléments finis.

## 2. But du travail

L'étude complète doit permettre de confirmer la faisabilité d'un véhicule à application multiple destiné aux communes.

Ce véhicule doit permettre de réaliser l'ensemble des tâches courantes qui incombent aux communes, tout en réduisant l'investissement de départ et les coûts d'entretien qui sont propres à un parc de véhicules à application unique.

Outre le transport des personnes, enfants et handicapés, MUPUM doit permettre le transfert de matériaux et d'objets ainsi que des travaux de nettoyage.

L'utilisation de MUPUM ne doit pas faire appel à un permis de conduire supérieur à la catégorie B (permis de voiture privée).

La sécurité offerte par le véhicule doit être en accord avec les normes en vigueur, voire plus élevée.

L'impact du véhicule en fonction sur l'environnement doit être minimale.

## 3. Exigences du véhicule

Les lignes suivantes résument les exigences minimales auxquelles le véhicule doit répondre

- Véhicule de classe M1
- Dimensions :
  - Longueur : 8.5 mètres
  - Largeur : 2.5 mètres
  - Hauteur : 2.8 mètres
- Véhicule modulaire par changement des cellules de transport permettant d'adapter le véhicule au type de transport. (marchandise, personnes, etc.)
- Système d'entraînement particulièrement respectueux de l'environnement.
- Accès dans le module avec une marche la plus petite possible.
- Bonne résistance à la corrosion
- Durée de vie de 150'000km ou 20 ans
- Poids total de 3'500 kg
- Conforme à la législation suisse (OETV), homologation dans l'UE.

Les exigences ci-dessus amènent à la réalisation du cahier des charges provisoire suivant :

Pos.	Désignation	Valeurs			Val. Proposées
1	Dimensions extérieures				
1.1	Longueur typique	8.5 m			
1.2	Largeur typique	2.2 m	Max. 2.5 m		
1.3	Hauteur typique	2.8 m			
2	Roues et pneus	a	b	c	
2.1	Dim. Pneu	205/75 R 16	215/75 R 16	205/75 R 17.5	11.02
2.2	Dia. ext.	714 mm	728 mm	753 mm	682 mm
2.3	Vitesse à 1000 t/min	135 Km/h	138 Km/h	142 Km/h	129 Km/h
2.4	Charge max à 4 bars (Conti.)	18.5 KN	20 KN	21.6 KN	10.9 kN
3	Puissance totale et couple				
3.1	Puissance totale max.aux roues	120 KW	(4 x 30 KW)		
3.2	Couple total max. aux roues	3000 Nm			
4	Direction				
4.1	Servo-direction	oui			
4.2	Dia. de braquage sur route	12 ?	à définir selon normes		
4.3	Roues directrices	4			
4.4	Angle de braquage				
	sur route	+/- 30 °	dia. de braquage est déterminant		+/- 20 °
	en manœuvre	+/- 90 °			
5	Poids total				
5.1	Tracteur et remorque	70 KN			
5.2	Véhicule normal	35 KN			
6	Cabine chauffeur				
6.1	Nb. de places	2			
6.2	Visibilité cabine passagers	retroviseur	caméra		
6.3	Nb. de portes	2			
6.4	Chauffage / aération	oui			
6.5	Climatisation	oui			
6.6	Eclairage intérieur	oui			
7	Cabine passagers				
7.1	Nb. de places assises	14	13+1 (chauffeur)		
7.2	Ou nb. de places faut. roulants	6	6+1 (chauffeur)		
7.3	Accès	3 côtés			
7.4	Dim. portes	2.2 x 1.2 m			
7.5	Fenêtres	sur 3 côtés			
7.6	Abaissement	au sol, sans marche			
7.7	Chauffage / aération	oui			
7.8	Climatisation	oui			
7.9	Eclairage intérieur	oui			
8	Traction / freinage				

8.1	Nb. de roues tractrices	4			
8.2	Frein (à disques)	4	dia. 300 mm		
8.3	ABS	oui			
9	Vitesse max.				
9.1	sur route	120 Km/h	pente 5% : 100 Km/h		
9.2	en manœuvre	25 Km/h			
10	Accélération max. 0 -100 Km/h	15 s			

#### 4. Concept du véhicule

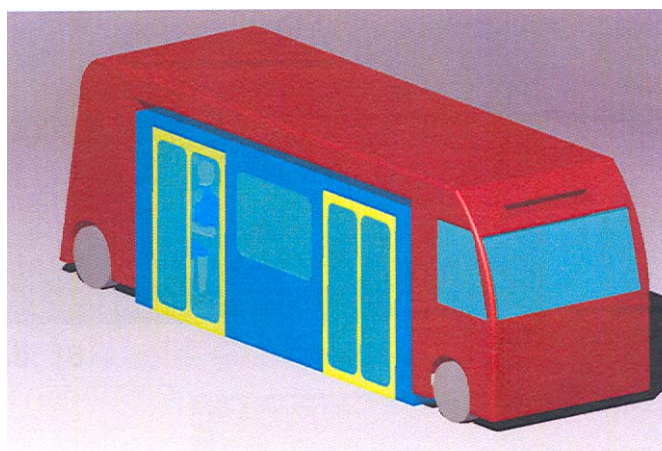
Le concept de base retenu est celui d'un véhicule tracteur équipé d'une cellule de transport amovible. La cellule fait partie intégrante du véhicule et participe à la résistance et à la rigidité de ce dernier. Cette cellule doit pouvoir être changée rapidement, sans effort ni infrastructure particulière, pour permettre d'adapter le véhicule à d'autres exigences de transport.

Les schémas ci-dessous permettent de comprendre le concept retenu pour l'opération de changement de cellule.

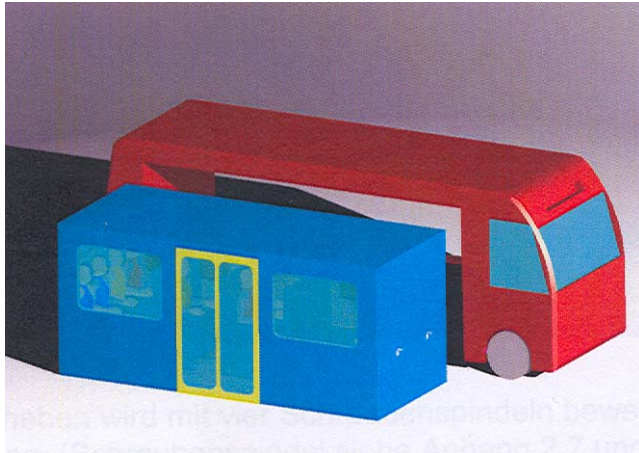
Le véhicule roule. La cellule est fixée à la structure porteuse.



Le véhicule est arrêté, la cellule est décrochée pour être changée.



La cellule est séparée de la structure porteuse pour être remplacée par une autre cellule adaptée aux nouveaux besoins de transport.



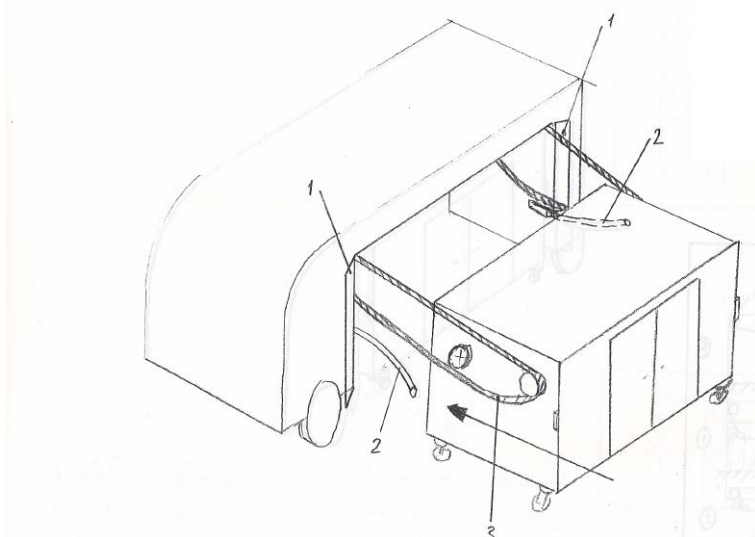
L'accès à la cellule est possible par la cabine, par le côté droit (côté du trottoir) ou par l'arrière. Le système de suspension du véhicule permet à celui-ci de faire un mouvement vertical afin de réduire la hauteur d'accès et permettre ainsi aux enfants et aux handicapés d'accéder plus facilement à l'intérieur. Cette fonction est utilisée pour poser la cellule parterre avant de la décrocher de la structure porteuse.

#### 4.1 Condition de changement de cellule

L'interchangeabilité doit pouvoir être assurée par une personne seule ne disposant pas de moyens spécifiques. Seule une surface plate et suffisamment vaste pour accueillir le véhicule et sa cellule séparée est requise.

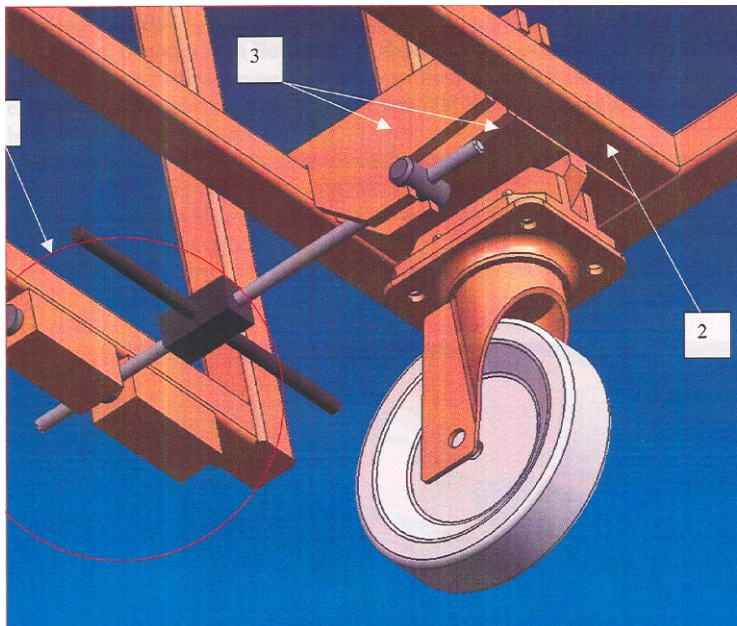
##### 4.1.1 Solution envisagée pour le changement de cellule

Une solution retenue consiste à tracter et guider la cellule par un système de câble 1 et de guides 2. L'infrastructure est solidaire de la structure porteuse. Une fois en place la cellule vient positionnée et fixée à l'aide de tige de centrage elles aussi solidaires de la structure porteuse. La fixation inférieure est garantie par un système de bride qui peut être manuel ou électrique. Cette solution de fixation permet de rigidifier l'ensemble du véhicule en condition de fonctionnement. Le schéma ci-dessous explique le principe.



Cette solution permet d'extraire la cellule vers la droite ou vers la gauche du véhicule.

La vue suivante montre le concept de bride inférieure de fixation.

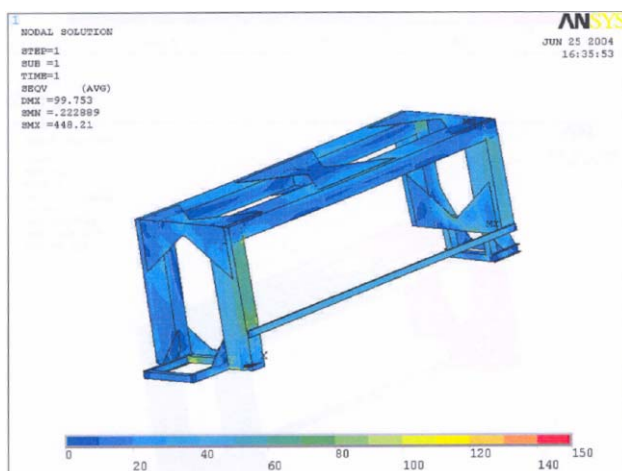


Ces concepts devront être repris dans le cadre d'une étude d'approfondissement pour établir la construction définitive du système et ses dimensions.

#### 4.2 Résistance et rigidité de la structure porteuse et de la cellule

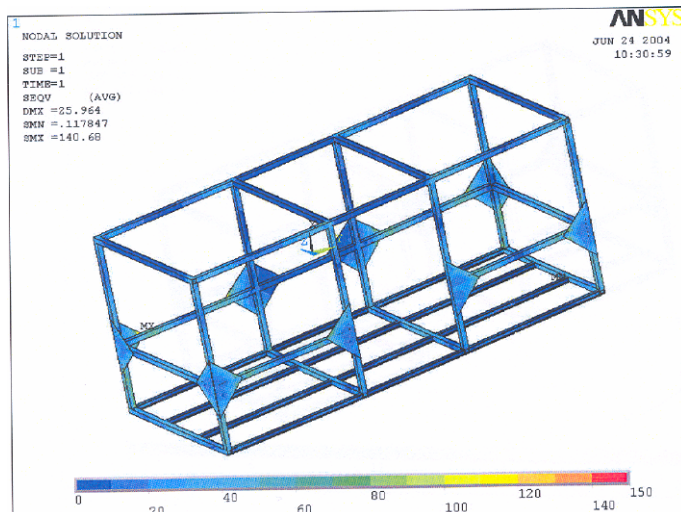
Plusieurs concepts ont été étudié en ce qui concerne la répartition et la grandeur des contraintes mécaniques et des déformations en jeu.

L'image ci-dessous montre la structure porteuse qui à été étudiée.



L'étude à porté sur les contraintes et les déformation de la structure porteuse soumise à des efforts de torsion, de traction et des efforts composés (simulation de passage sur des bosses).

La structure de la cellule a également été étudiée selon la charge appliquée sur le sol. L'image montre la structure de cette cellule.



L'ensemble de ces résultats permet de continuer les études et d'estimer les masses.

Les deux structures (porteuse et cellule) réalisées en profil d'aluminium atteignent ensemble une masse de 651 kg.

Ce type d'analyse devra être réitéré régulièrement tout au long des futurs travaux de développement du véhicule définitif.

#### 4.3 Entraînement

Les calculs réalisés montrent qu'une motorisation de l'ordre de 130 kW au total est nécessaire pour satisfaire aux exigences du cahier des charges.

##### 4.3.1 Choix de la technologie de l'entraînement

le choix de la technologie du système d'entraînement s'est porté sur une motorisation hybride, composée d'un moteur à combustion et d'un ou plusieurs moteurs électriques, afin de réduire au mieux l'impact négatif du véhicule sur l'environnement.

Cette solution hybride permet l'utilisation d'un moteur à combustion à la technologie et à la fiabilité éprouvées et permet également de récupérer une partie de l'énergie cinétique du véhicule lors du freinage pour l'accumuler dans une batterie et la réutiliser ultérieurement.

Ce système permet également de mouvoir le véhicule en tout électrique, offrant ainsi la possibilité, dans certains cas, de déplacer les émissions du moteur à combustion hors du centre des localités.

La puissance peut être répartie de la manière suivante :

Moteur à combustion 100 kW

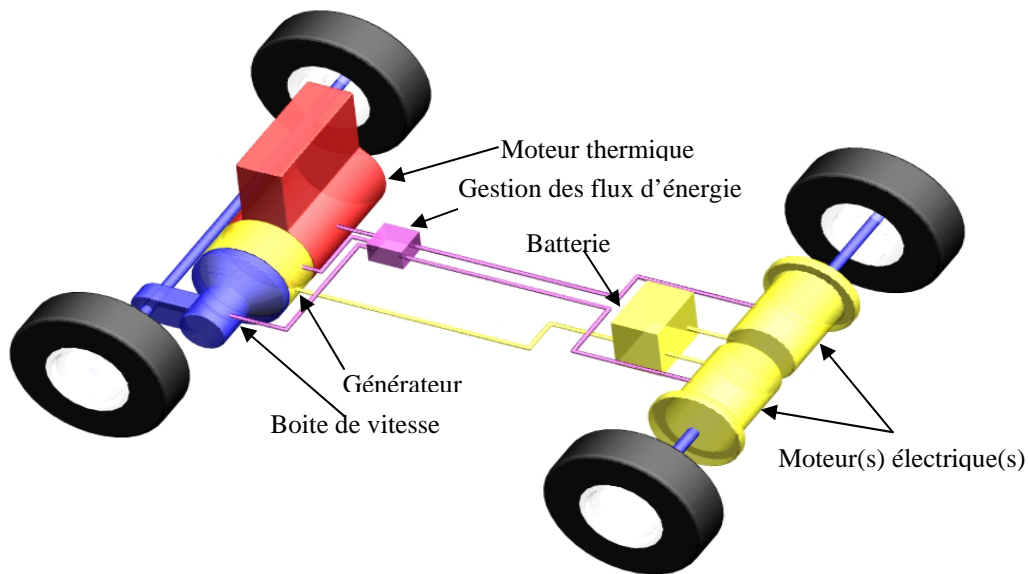
Moteur(s) électrique(s) 30 kW

Une batterie NiMH d'environ 60 kg accumule et restitue l'énergie électrique. La grandeur de la batterie est estimée sur la base de ce qui est offert actuellement sur les véhicules hybrides proposés sur le marché.

Une commande électronique à adapter ou à développer gère l'entraînement et les flux d'énergie selon une stratégie à établir.

Les moteurs électriques sont accouplés à la transmission mécanique par des embrayages commandés électriquement.

Le schéma de principe ci-dessous montre le concept de l'entraînement.



L'état de la technologie actuellement disponible permet de réaliser un entraînement avec un moteur électrique. Il faut cependant noter qu'un entraînement hybride de cette puissance n'existe pas en standard sur le marché.

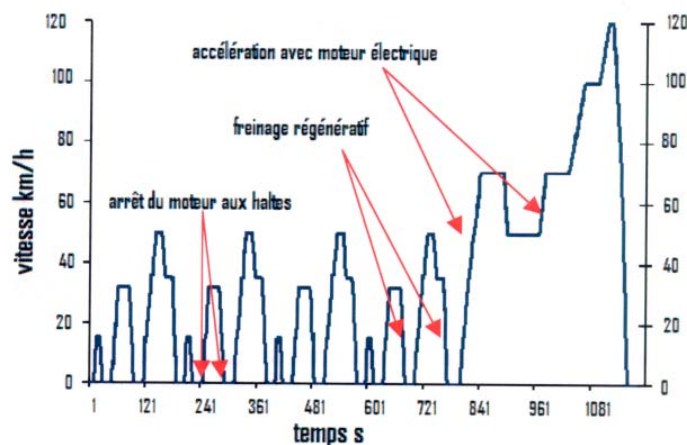
L'utilisation de deux moteurs électriques pour l'entraînement des roues arrières pose le problème de la commande et de la gestion des couples et des vitesses des moteurs (différentiel électronique). A lui seul ce point devrait faire l'objet d'un développement spécifique.

La réduction de la consommation de carburant de l'entraînement hybride est dépendant de la stratégie de commande adoptée.

Dans le cas de MUPUM, la stratégie de commande de l'entraînement serait :

- Arrêt du moteur thermique lors des haltes.
- Freinage régénératif. Pour ralentir le véhicule les moteurs électriques deviennent des générateurs, ce qui permet de recharger les batteries.
- Démarrage du moteur thermique et accélération du véhicule à l'aide des moteurs électriques.
- Fonctionnement totalement électrique du véhicule en ville, lorsque les conditions le permettent.

### Utilisation de l'hybridation sur course d'essai



En reprenant chacun des graphes précédents, on peut :

être présent dans le graphe

- Accélération
  - Les moteurs électriques entraînent les roues arrières
  - Le moteur à combustion entraîne les roues avant
  - Les batteries alimentent les moteurs électriques
  - Le générateur ne fonctionne pas
  - La boîte de vitesse est au rapport optimal et permet au moteur thermique de fonctionner dans sa plage idéale.
- Départ d'un stop
  - Les moteurs électriques entraînent les roues arrières
  - Le moteur à combustion ne fonctionne pas
  - Les batteries alimentent les moteurs électriques et le générateur
  - Le générateur devient moteur et démarre le moteur à combustion
  - Après la mise en marche du moteur à combustion, la boîte de vitesses choisit le régime approprié
- Conduite à charge partielle
  - Les moteurs électriques ne fonctionnent pas
  - Le moteur thermique entraîne les roues et le générateur
  - Les batteries sont rechargées par le générateur
  - La boîte de vitesse est au rapport faisant tourner le moteur à son régime idéal
- Ralentissement et arrêt du véhicule
  - Les moteurs électriques deviennent générateurs et rechargent les batteries
  - Les batteries se rechargent
  - Le générateur recharge les batteries

La réduction possible des émissions de gaz nocifs avec une telle hybridation se monte à environ 9 tonnes de CO<sub>2</sub> par véhicule et par an. Cette valeur est une estimation tenant compte d'une utilisation moyenne du véhicule.

#### 4.4 Construction du groupe de propulsion

Pour des raisons économiques, il est important d'avoir le plus possible de composants identiques standardisés pour le véhicule. Pour cette raison, une étude a été menée pour développer un système de portique pouvant être utilisé pour les roues avant comme pour les roues arrières. Pour la suite du projet, le portique envisagé ainsi que la structure porteuse devraient être intégrés l'un à l'autre. Les calculs de résistance devraient également être refaits selon la réflexion vue précédemment.

Le concept du portique tel que présenté ci-dessous permet de recevoir la motorisation thermique pour les roues avant et la motorisation électrique pour les roues arrières.

Les systèmes de suspension avant et arrières, la direction (uniquement pour les roues avant) et la transmission de couple aux roues sont supportés par chacun des portiques respectifs.

#### Concept du portique

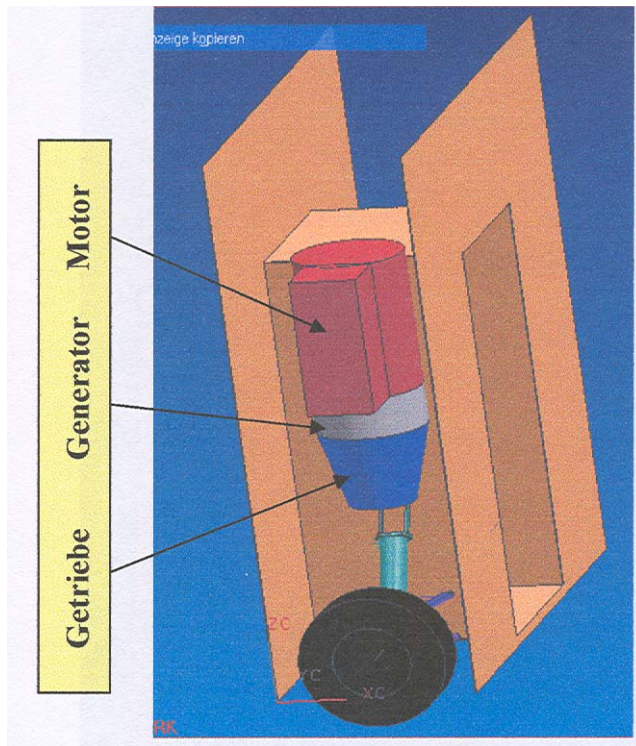
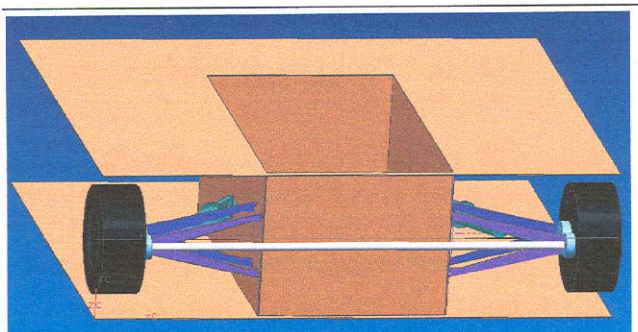
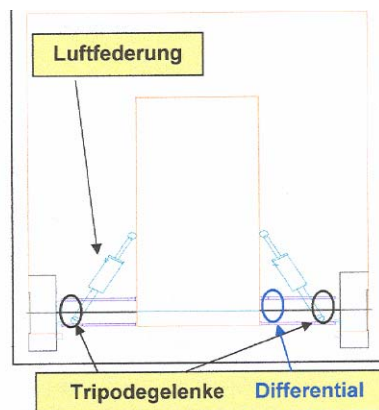


Schéma du portique utilisé pour les roues avants

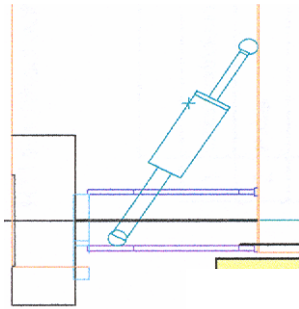


## 4.5 Suspension

De part le concept de changement de cellule et d'accès à bord facilité, le véhicule doit être en mesure de réduire de manière autonome sa garde au sol. Cette fonction implique l'utilisation d'un système de suspension à hauteur variable.

La place disponible est restreinte et doit intégrer les éléments de guidage de la roue, d'amortissement et de levage de la carrosserie.

Plusieurs études successives ont été menées. De ces travaux il ressort que le guidage de la roue peut être assurée par des bras qui peuvent être encastrés dans l'espace disponible. L'élément d'amortissement peut être conventionnel et le système de levage peut-être électrique ou pneumatique.



Les études faites montrent qu'il est possible de placer les éléments de la suspension dans l'espace disponible.

Les composants d'amortissement et de levage proviendront des éléments standards proposés par le marché.

Les dimensions des composants devront être définies dans une étude à faire ultérieurement.

## 5 Analyse marketing

Une analyse marketing qualifiée d'approche a été menée. Celle-ci avait pour but de mettre en évidence certaines informations de base destinées à comprendre les intérêts des clients potentiels de MUPUM ainsi que les méthodes à mettre en œuvre pour diffuser les informations auprès de ces derniers.

L'analyse a été faite sous la forme d'un sondage réalisé auprès d'entreprises de la profession et de commune. Si les professionnels sont en mesure de donner des indications relatives au concept et son environnement ainsi qu'aux compétences disponibles, les communes, elles, transmettent le point de vue de l'utilisateur.

Les points traités par ce travail sont :

- Mettre en évidence les critères de choix de véhicules par les utilisateurs potentiels
- Quelles utilisations désire faire les détenteurs potentiels de MUPUM ?
- Quelles sont les méthodes de promotion du produit à prévoir ?
- Faire un classement par canton des clients potentiels
- Réaliser un calcul des coûts d'exploitation du produit

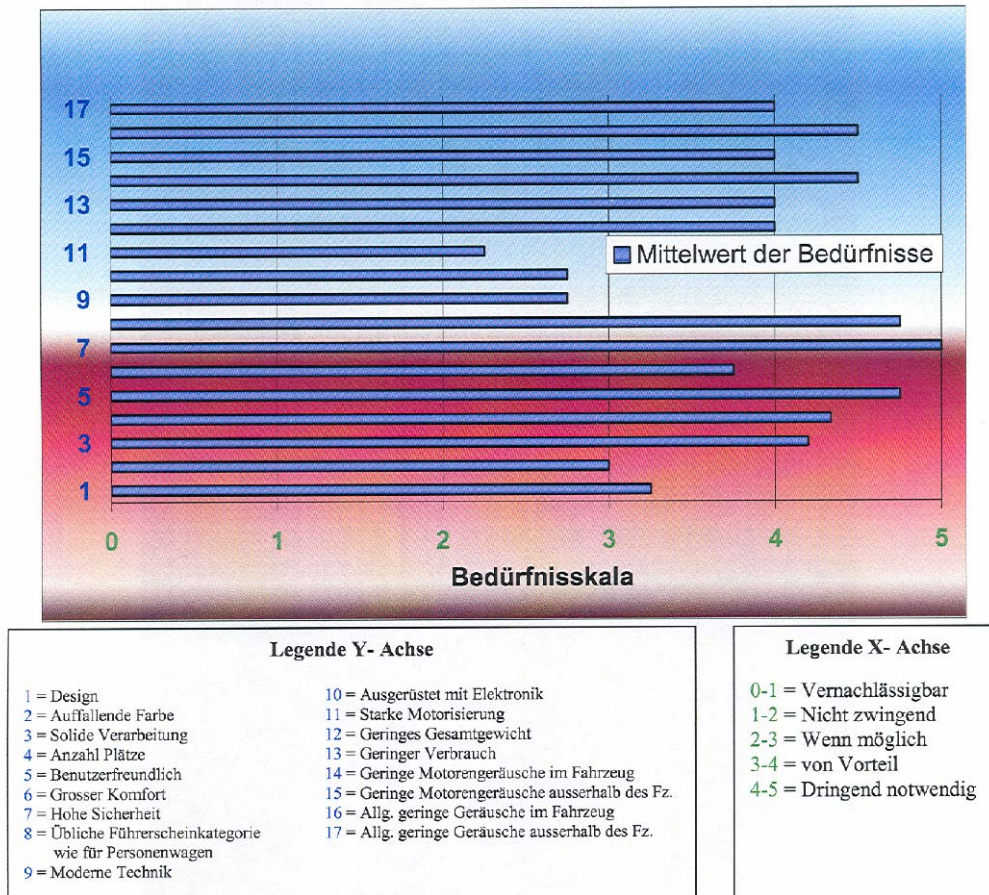
Les sept cantons sélectionnés pour la recherche d'information sont :

- Lucerne
- Soleure
- Berne
- Fribourg
- Jura
- Vaud
- Valais

Les critères de choix étaient les caractéristiques géographiques (taille, proximité (Mittelland)) et la langue/culture (allemand et français).

Une synthèse des informations recueillies permet de mettre en évidence les résultats présentés à la page suivante :

Quel sont, dans l'ordre, les éléments importants relatifs à la conception de MUPUM.



En ce qui concerne les données d'ordre techniques, beaucoup d'inconnues subsistent puisque des éléments de base tel que les coûts de production et les caractéristiques définitives ne sont pas encore connus.

Il est cependant possible de faire ressortir que la durée de vie doit atteindre 600'000 km et que l'intervalle entre les services devrait être de 30'000 km pour les petits services et de 60'000 km pour les grands.

Les services devraient être réalisé dans des garages non spécialisé sur le produit.

En ce qui concerne la stratégie de promotion du produit, le sondage indique que deux solutions sont envisageable :

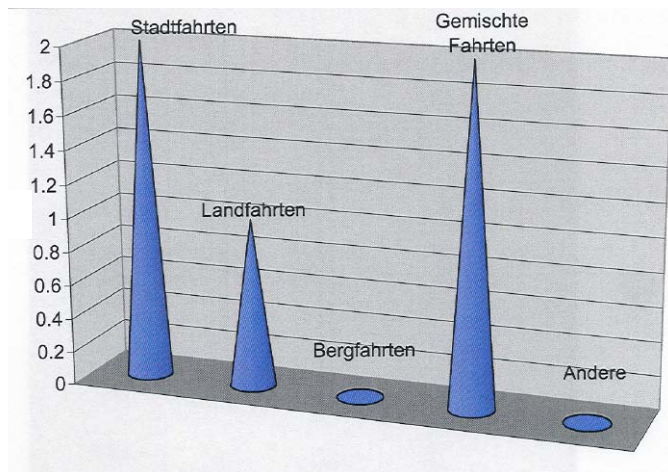
- la présentation dans des expositions, des foires
- le marketing direct auprès des clients potentiels

Le sondage donne encore les informations suivantes :

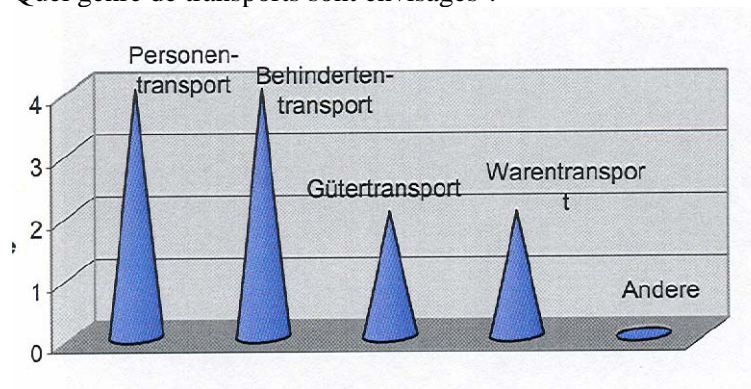
- Le nom MUPUM paraît être utilisable à l'avenir pour désigner le produit final. Un nom plus attractif serait cependant bien venu.
- Le produit MUPUM pourrait à l'avenir être présenté à l'étranger.
- Le délais de livraison devrait être compris entre six mois et un an.

Les questions relatives aux bien/personnes à transporter, aux parcours à assurer et aux diverses applications envisageables amènent les informations qui suivent :

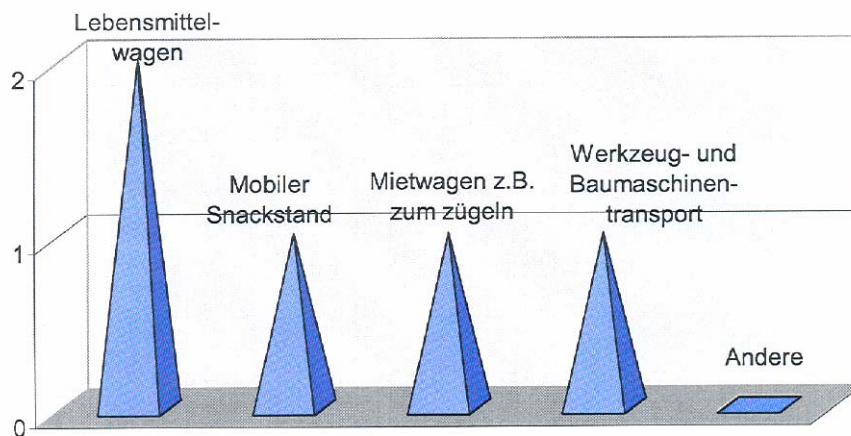
Sur quel trajet pont-on utiliser ce type de véhicule ?



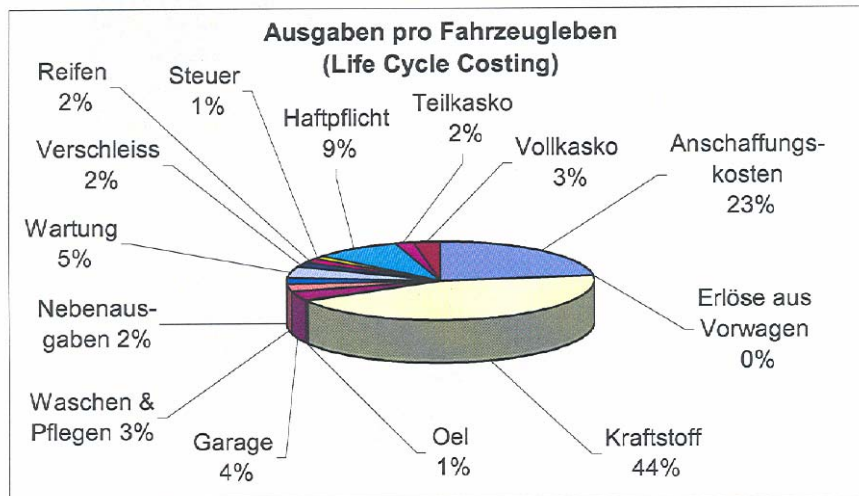
Quel genre de transports sont envisagés ?



Quelles autres applications sont envisageables ?



Un calcul de la répartition des coûts donne le résultat suivant :



La conception du véhicule n'est encore pas suffisamment avancée pour permettre une évaluation fiable de la taille du marché. Ce point devra être repris lorsqu'un objet de démonstration pourra être présenté aux clients potentiel.

Dans le cadre de l'étude marketing, un classement par ordre d'importance des communes des divers cantons observés a été fait. Il est disponible mais non présenté ici car peu intéressant dans le cadre de ce rapport.

Une analyse fiable du marché potentiel de MUPUM ne sera possible que lorsque le concept du produit sera plus concret et qu'un élément de présentation sera disponible. Il sera donc nécessaire de reprendre cet aspect marketing ultérieurement.

## 6. Benchmarking

Une analyse documentaire a mis en évidence que le marché n'offre actuellement pas de véhicule à usage multiple tel que MUPUM. Les bus proposés sont vendus dans une configuration fixe, définie d'entente avec le client lors de la commande. Plusieurs producteurs sont présents sur ce marché (on peut citer FIAT, FORD, Mercedes-Benz entre autres). Aucun des véhicules proposés n'offre de solution de motorisation hybride (moteur à combustion / moteur électrique).

Les prix de vente des bus de la catégorie de MUPUM sont très inférieurs à 100'000 CHF. Cette constatation met déjà en évidence que MUPUM doit offrir des avantages concurrentiels qui compensent la différence de prix puisqu'il paraît d'ores et déjà difficile de le battre sur le terrain des coûts avec les fournisseurs actuels. Rappelons que ceux-ci bénéficient de l'effet d'expérience et de quantités importantes à produire.

Cette analyse met en avant l'aspect novateur de MUPUM et nous rend attentif à la problématique des coûts de production et de vente du produit final.

## 7. Suite du développement

Nous avons maintenant bon nombre de résultats et de réflexions utilisables à la réalisation du véhicule MUPUM.

Les diverses orientations et choix mis en évidence peuvent être mis ensemble et permettent d'établir un cahier des charges définitif du produit. Ce document permet ensuite de concentrer et de focaliser les efforts des partenaires de développement en direction de la solution définitive à adopter.

Les coûts engendrés par la réalisation d'un prototype fonctionnel sont, dans notre cas, très élevés. En conséquence, il paraît raisonnable d'envisager la réalisation d'un modèle réduit à l'échelle 1 :4 ou 1 :5. Cette solution permet de limiter les frais relatifs à la réalisation, d'obtenir une bonne image fiable de ce que sera le produit définitif et permet surtout d'avoir en main un instrument de communication. Ce dernier est précieux pour mener une étude de marché fiable et pour convaincre des sponsors ou clients futurs de s'engager dans la réalisation d'un premier véhicule fonctionnel.

Les coûts de production pourront être calculés sur la base du dossier complet de développement qui doit être établi.

Les points suivants sont proposés pour la suite du projet :

- Etablir un cahier des charges définitifs
- Rechercher le financement pour la conception définitive du véhicule et la réalisation d'un modèle simple de démonstration à échelle réduite
- Rassembler les divers partenaires pour réaliser le dossier de conception du véhicule
- Faire l'étude du système de propulsion
- Réaliser la maquette du véhicule
- Réaliser une étude de marché
- Rechercher des partenaires et des sponsors pour la fabrication d'un véhicule fonctionnel

Certains de ces éléments pourront être menés en parallèle

## 8. Conclusion

Les travaux conduits ont permis de mettre en évidence la faisabilité de l'idée de base d'un véhicule destiné aux communes.

Un bon nombre de solutions intéressantes sont ressorties. Celles-ci permettent de résoudre les problèmes relatifs à une accessibilité facilitée, à un impact sur l'environnement minimisé et à une exploitation agréable et avantageuse.

L'analyse marketing réalisée permet de cibler les besoins et les attentes des clients potentiels.

La base de données résultante de la compilation de l'ensemble des travaux terminés est importante et mérite d'être exploitée plus avant.

Un élargissement des partenaires au projet devient nécessaire pour aboutir finalement à la réalisation d'un prototype fonctionnel. Entre temps, il paraît utile de réaliser un modèle de taille réduite et d'utiliser ce dernier dans le cadre d'une profonde analyse de marché et de la recherche de partenaire qu'ils soient de développement ou financiers.

Les coûts de fabrication devront être suivis de près lors de la prochaine phase de développement. Ils permettront d'orienter les choix technologiques et seront précieux lors des démarches de benchmarking.<sup>^</sup>

Le problème principal actuellement est de réunir les fonds nécessaires à la poursuite de ce programme prometteur.