

REPUBLIQUE DU CAMEROUN

Paix - Travail - Patrie

UNIVERSITE DE YAOUNDE I
ECOLE NORMALE SUPERIEUR
D'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE
D'EBOLOWA
DEPARTEMENT DE DE GENIE
MECANIQUE



REPUBLIC OF CAMEROUN

Peace - Work - Fatherland

UNIVERSITY OF YAOUNDE I
HIGHER TECHNICAL TEACHER
TRAINING COLLEGE OF
EBOLOWA
DEPARTMENT OF OF
MECHANICAL
ENGINEERING

**Filière
Mécanique Automobile**

**ETUDE CONCEPTUELLE ET REALISATION D'UN
DIDACTICIEL POUR LE FONCTIONNEMENT ET LA
MAINTENANCE DES SYSTEMES DE TRANSMISSION
DES VEHICULES UTILITAIRES : cas d'un camion
à trois essieux**

Mémoire de fin d'étude
En vue de l'obtention du Diplôme de Professeur d'Enseignement
Technique et
Professionnel de 2e grade (DIPET II)

Par : **ZETIO ANOULEVOU Eric**
Étudiant en 5eme année Mécanique automobile

Sous la direction de
M. MENGUE Jean Marie Bienvenue
Enseignant à l'ENSET d'EBOLOWA
M. GAGA DADI Bernard
Enseignant à l'ENSET d'EBOLOWA

Année Académique : 2019 - 2020



REPUBLIQUE DU CAMEROUN

Paix - Travail - Patrie

UNIVERSITE DE YAOUNDE I

**ECOLE NORMALE SUPERIEURE
D'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE**

DEPARTEMENT DE GENIE MECANIQUE

BP. 886 EBOLOWA



REPUBLIC OF CAMEROUON

Peace – Work – Fatherland

THE UNIVERSITY OF YAOUNDE I

**HIGHER TECHNICAL TEACHERS'
TRAINING COLLEGE**

**DEPARTMENT OF MECHANICAL
ENGINEERING**

P.O BP. 886 EBOLOWA

**ÉTUDE CONCEPTUELLE ET REALISATION D'UN
DIDACTICIEL POUR LE FONCTIONNEMENT ET LA
MAINTENANCE DES SYSTEMES DES
TRANSMISSIONS DES VEHICULES UTILITAIRES :
cas d'un camion à trois essieux**

Mémoire de fin d'études du second cycle en vue de l'obtention du Diplôme de
Professeur d'Enseignement Technique de deuxième grade (DIPET II)

DIVISION DES TECHNIQUES INDUSTRIELLES

DEPARTEMENT : GENIE MECANIQUE

OPTION : Mécanique Automobile

Rédigé et présenté par :

ZETIO ANOULEVOU Eric ;

Étudiant en 5^{ème} année Mécanique automobile

Matricule : 18W438

Sous l'encadrement de :

M. MENGUE Jean Marie Bienvenue

Enseignant à l'ENSET d'EBOLOWA

M. GAGA DADI Bernard

Enseignant à l'ENSET d'EBOLOWA

Sous la supervision de :

M. TIMBA SADRACK Jean Pierre

Chargé de cours

Année académique : 2019-2020

DEDICACE



REMERCIEMENTS

Un travail de cette envergure ne s'aurait se réaliser sans l'intervention de plusieurs personnes à qui j'adresse mes remerciements :

- **M. MENGUE Jean Marie Bienvenue** : Mon encadreur pour les encouragements, les remarques, les conseils et surtout la disponibilité ;
- **M. GAGA DADI Bernard** : Mon Co-encadreur pour les encouragements, les remarques, les conseils et surtout la disponibilité ;
- **Pr. SALOME NDJAKOMO ESSIANE** : Directeur de **l'ENSET d'Ebolowa** Pour le cadre convivial qu'elle nous donne pour nos études et de veiller à ce que l'on ait un bon encadrement durant notre formation ;
- **Pr. KANA'A THOMAS** : Chef de département **génie mécanique** (GME) pour son éducation, ses orientations et ses divers conseils ;
- **M. TIMBA SADRACK Jean Pierre** ; Mon superviseur pour les encouragements, les remarques, les conseils et surtout la disponibilité ;
- A tout le personnel enseignant en générale et ceux du département du Génie Mécanique de **l'ENSET d'Ebolowa** en particulier pour les cours, et conseils reçus pendant notre formation ;
- A toute ma famille, mon papa **ANOULEVOU David**, ma maman **KENFACK Hélène**, mes frères et sœurs, tantes et oncles pour leur soutiens financier, conseils et les encouragements qui m'ont permis de braver bien des difficultés ;
- A ma famille d'accueil notamment papa **FOGODENG**, son épouse maman **SONGUI Sandrine** et **FOTSO Nesline** pour leur soutien ;
- A Tous mes camarades de promotion pour leur collaboration et esprit de solidarité qui a toujours régnés entre nous ;

Il nous serait difficile de citer tout le monde. Ainsi, Nous exprimons notre profonde gratitude à tous ceux dont les noms n'ont pas été cités et qui ont contribué à la réalisation de ce travail.

AVANT-PROPOS

L'école Normale Supérieure d'Enseignement Technique de l'université Yaoundé I à Ebolowa (ENSET d'Ebolowa), situé à METYKPWALE, sous l'appellation initiale palais. Cette structure a été créée en 2018 par son Excellence PAUL Biya suite à la réforme universitaire de 1993 suivant le décret présidentiel N° 18-00008/MINESUP/DAUQ du 23 février 2018. Celui-ci constitue aujourd'hui l'un des établissements de l'université de Yaoundé I avec un effectif de 803 étudiants, un nombre important d'enseignants permanents et compétents.

L'ENSET d'Ebolowa a pour vocation principale de dispenser une formation initiale en enseignement dans les domaines industriels, commerciaux pour en faire des professeurs des Collèges et de Lycées Technique. A ce titre, il forme en six semestres (trois ans), les étudiants qui obtiennent par la suite un Diplôme d'Enseignement Technique de premier grade (DIPET I).

L'ENSET d'Ebolowa forme également en quatre semestres (deux ans), les étudiants qui obtiennent par la suite un Diplôme d'Enseignement Technique du second grade (DIPET II). C'est dans la perspective en vue de l'obtention du DIPET II que nous avons travaillé sur le thème : « **ETUDE CONCEPTUELLE ET REALISATION D'UN DIDACTICIEL POUR LE FONCTIONNEMENT ET LA MAINTENANCE DES SYSTEMES DE TRANSMISSION DES VEHICULES UTILITAIRES : cas d'un véhicule à trois essieux** ».

La réalisation de ce document a été placée sous notre entière responsabilité ; cependant il faut souligner que nous avons bénéficié du soutien académique de nos encadreurs et d'une importante série d'informations tirée dans les documents de diverses disciplines.

Nous espérons que les résultats auxquels nous sommes parvenus serviront de base de recherche encore plus poussée à l'avenir, dans l'optique de faciliter l'apprentissage dans les écoles et centres de formation plus précisément dans la filière CMA-MVPL.

RESUME

Ce mémoire de fin d'étude se trouve au croisement de trois disciplines : l'informatique, la mécanique automobile et la didactique. Son but est de concevoir un didacticiel de formation du système de transmission automobile d'un véhicule utilitaire (camion) orienté vers l'**autonomie**, l'**individualisation** et la **responsabilisation** de l'apprenant. Ce didacticiel remplit deux fonctions principales : celles de tutoriel et d'exerciseur. Sa conception informatique a été réalisée grâce à **Exe Learning**, un logiciel open source destiné à la création des séquences d'activités d'apprentissage interactives. La conception pédagogique tient compte de l'aspect ludique de l'ordinateur et de l'apprentissage collaboratif. Elle réalise un mixage de diverses approches (cognitiviste, behavioriste, constructiviste ou socioconstructiviste). Les fonctions assignées au didacticiel viennent ainsi décharger l'enseignant de son rôle de répétiteur et de précepteur. Sa mission est de rendre les apprenants acteurs actifs capables de construire leurs savoirs seul ou en groupe, acquérir les habiletés intellectuelles et développer les compétences. Son appréciation par les professionnels du domaine (mécanique automobile), a été basé sur les critères suivants : **contenu, l'ergonomie de l'interface, utilités pédagogiques et le Degré d'innovations pédagogiques**. Cette appréciation nous a permis en fonction de l'échelle de **Rensis Likert** de constater que notre didacticiel était efficace à **89,66 %** qui appartient dans l'intervalle [**81 - 100**] ou **Likert** le qualifie de didactique efficace et une ressource pédagogique pertinente qui permet d'améliorer l'enseignement-apprentissage de la mécanique automobile.

MOTS-CLES : Didacticiel- Enseignement Assisté par Ordinateur (EAO) - Technologies de l'Information et de la Communication (TIC) - Pédagogie centrée sur l'apprenant-transmission automobile.

ABSTRACT

This end-of-study dissertation is at the crossroads of three disciplines: computer science, car mechanics and didactics. Its goal was to design a tutorial for the transmission of a utility vehicle (truck) oriented towards the autonomy, individualization and empowerment of the learner. This tutorial performs two main functions: tutorial and exerciser. Its IT design was carried out using exeLearning, an open source software for creating sequences of interactive learning activities. The educational design takes into account the fun aspect of the computer and collaborative learning. It achieves a mix of various approaches (cognitivist, behaviorist, constructivist or socioconstructivist). The functions assigned to the tutorial thus relieve the teacher of his role of tutor and tutor. Its mission is to make learners active actors capable of building their knowledge alone or in a group, acquiring intellectual skills and developing skills. Its appreciation by professionals in the field (automotive mechanics), was based on the following criteria: content, ergonomics of the interface and educational utilities. This appreciation allowed us according to the scale of Rensis Likert to note that our tutorial was effective at 89.66% which belongs in the interval [81 - 100] or Likert qualifies it as effective didactic and a relevant teaching resource which improves teaching-learning of automobile mechanics.

KEYWORDS: Tutorial - Computer Aided Teaching (EAO) - Information and Communication Technologies (ICT) - Pedagogy centered on the learner-automotive transmission.

TABLE DES MATIERES

DEDICACE	I
REMERCIEMENTS.....	II
AVANT-PROPOS	III
RESUME.....	IV
ABSTRACT	V
TABLE DES MATIERES	VI
LISTE DES FIGURES	X
LISTE DES TABLEAUX	XII
LISTE DES ABREVIATIONS	XIII
CAHIER DE CHARGE	1
1- TITRE DU PROJET	1
2- CONTEXTE ET INTERET DE L'ETUDE.....	1
2.1- Contexte de l'étude.....	1
2.2- Intérêt de l'étude	1
3- PROBLEME DE LA RECHERCHE.....	2
4- OBJECTIFS DE L'ETUDE	2
4.1. Objectif général	2
4.2. Objectifs spécifiques	2
5. PLAN DE PRESENTATION DU MEMOIRE.....	2
INTRODUCTION GENERALE.....	4
Chapitre I : REVUE DE LITTERATURE.....	5
Introduction	5
I.1. GENERALITES SUR LA TRANSMISSION DES VEHICULES UTILITAIRES A DEUX (02) ET TROIS (03) ESSIEUX.....	5
I.1.1. Les véhicules utilitaires	5
I.1.2. Classification de quelques véhicules utilitaires.....	5
I.1.3. Les essieux	6
I.1.4. L'importance de l'essieux sur un véhicule.....	6
I.1.5. Les types d'essieux utiliser sur un véhicule	6
I.2. Transmission automobile	7
I.2.1. Fonction globale.....	7

I.2.2.	Synoptique de la chaîne de transmission de puissance	7
I.2.3.	Présentation de la chaîne de traction d'un véhicule	8
I.3.	Généralités sur les systèmes de transmission des véhicules à deux essieux	8
I.3.1.	Description du système de transmission des véhicules à deux essieux.....	9
I.3.2.	Embrayage à diaphragme piloté automatiquement	9
I.3.3.	Boite de vitesse mécanique pilotée	11
I.3.4.	Arbre de transmission	13
I.3.5.	Pont différentiel.....	13
I.3.6.	Description du différentiel de pont.....	14
I.4.	Transmission à trois essieux.....	14
I.4.1.	Présentation du système	14
I.4.2.	Boite de transfert	15
I.4.3.	Pont différentiel 'tandem'.....	15
I.5.	Étude des problèmes de maintenance des systèmes de transmission des véhicules utilitaires	16
I.6.	Solutions technique liées à la maintenance, la fiabilité et l'optimisation des coûts.....	17
I.7.	GENERALITES SUR LES DIDACTICIELS	18
I.7.1.	Les constituants des didacticiels	18
I.7.2.	Les Fonctionnalités du programme	18
I.7.3.	Typologie des didacticiels.....	19
I.7.4.	Les activités d'apprentissage.....	19
I.8.	ETAT DE L'ART SUR LES TECHNIQUES DE TRANSMISSION DES CONNAISSANCES EN MECANIQUE AUTOMOBILE	20
I.8.1.	Méthode transmission par banc didactique	20
I.8.2.	DIDAC BDH SARL - zac croix chartier (2016) [14]	20
I.8.3.	N. Salamé, de l'I.N.R.P. (Institut National de Recherche Pédagogique 1984) [15].....	21
I.8.4.	PRODIDAC (entreprise Allemande 2019) [16].....	22
I.8.5.	Méthode de transmission pas TICE	23
I.8.6.	Karim YAKHOU (1999) [17].....	24
I.8.7.	Madoué Florentine AKOUETE-HOUNSINO (université de Monreale ; Novembre 2012) [18].....	25
I.8.8.	Analyse comparative des travaux existants sur les méthodes de transmission de connaissances	26
	Conclusion.....	36

Chapitre II : CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT DU SYSTEME DE TRANSMISSION A 03 ESSIEUX.....	37
Introduction	37
II.1. CHOIX DES PARAMETRES DE NOTRE PROTOTYPE	37
II.1.1. Présentation de la courbe caractéristique du moteur OM 501 LA	38
II.1.2. Calcul des autres paramètres.....	38
II.1.3. Adaptation de la puissance aux conditions de roulage du véhicule	40
II.1.4. Expression de la puissance et du couple transmis aux roues motrices	40
II.2. CHOIX ET CALCUL DES PARAMETRES DU SYSTEME DE TRANSMISSION	42
II.2.1. Détermination du rapport de transmission du ponts <i>ip</i>	44
II.2.2. Choix du nombre de rapport et des rapports de transmission de la boîte de vitesse... ..	45
II.2.3. Calcul de la puissance, couple, vitesse angulaire et de le vitesse linéaire de la roue en premier vitesse.....	47
II.3. CHOIX ET CALCULS DES PARAMETRES DE DENTURE.....	50
II.4. EXPRESSION DU MOMENT D'INERTIE DE L'ARBRE DE TRANSMISSION.....	52
Conclusion.....	54
Chapitre III : CONCEPTION ET REALISATION DU DIDACTICIEL DE FORMATION	55
Introduction	55
III.1. Étapes de l'élaboration d'un didacticiel	55
III.2. CONCEPTION DU DIDACTICIEL.....	57
III.3. REALISATION DU DIDACTICIEL.....	62
Conclusion.....	69
Chapitre IV : PRESENTATION DES RESULTATS, COUT DE REALISATION	70
Introduction	70
IV.1. CAPTURES D'ECRAN DE QUELQUES PAGES DE NOTRE DIDACTICIEL.....	70
IV.2. EVALUATION DU DIDACTICIEL.....	71
IV.2.1. Présentation du graphe des notes attribuer à notre didacticiel.....	72
IV.2.2. Interprétation des résultats.....	72
IV.3. COUTS ET DEPENSE POUR LA REALISATION DE NOTRE DIDACTICIEL	73
Conclusion.....	73
CONCLUSION GENERALE.....	74
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	75
ANNEXES	A

Etude conceptuelle et réalisation d'un didacticiel pour le fonctionnement et la maintenance des systèmes de transmission des véhicules utilitaires : cas d'un camion à trois essieux

ANNEXE 1 : Grille d'évaluation du didacticiel (GRI-ED).....	A
ANNEXE 2 : Cumulé du sondage en pourcentage par la méthode de LICKERT.....	C
ANNEXE 3 : interface d'entrée du didacticiel.....	D

LISTE DES FIGURES

<i>Figure 1.1</i> : essieux rigides [3]	7
<i>Figure 1.2</i> : essieux brisés à roue indépendante [2]	7
<i>Figure 1.3</i> : fonction globale d'une transmission (à nos soins)	7
<i>Figure 1.4</i> : synoptique d'une chaîne de transmission (Mercedes tracteur ACTROS) [5].....	7
<i>Figure 1.5</i> : chaîne de traction d'un véhicule [6].....	8
<i>Figure 1.6</i> : présentation du système de transmission à deux essieux. [5]	9
<i>Figure 1.7</i> : présentation du système de transmission (à nos soins)	9
<i>Figure 1.8</i> : schéma d'embrayage en phase embrayé [6]	10
<i>Figure 1.10</i> : boîte de vitesse powerShift [5]	11
<i>Figure 1.11</i> : Avec synchronisation [5] <i>figure 1.12</i> : sans synchronisation [5].....	12
<i>Figure 1.13</i> : contenu d'une boîte de vitesse [5].....	12
<i>Figure 1.14</i> : Architecture simplifiée de la boîte de vitesses [5]	13
<i>Figure 1.17</i> : différentiel [8]	14
<i>Figure 1.18</i> : système de transmission d'un véhicule a trois essieux [9].....	15
<i>Figure 1.19</i> : L'emplacement de la boîte de transfert (BT) dans un véhicule [4]	15
<i>Figure 1.20</i> : pont tandem [10]	16
<i>Figure 1.21</i> : banc didactique d'embrayage [14].....	21
<i>Figure 1.22</i> : banc didactique de boîte de vitesse et embrayage [15]	22
<i>Figure 1.23</i> : banc didactique de transmission automobile [16].....	23
<i>Figure 1.24</i> : didacticiel de transmission automobile [17]	24
<i>Figure 2.1</i> : courbe caractéristique du moteur OM 501 LA	38
<i>Figure 2.2</i> : illustration d'une chaîne de transmission entre le moteur et la transmission.....	40
<i>Figure 2.3</i> : chaîne cinématique d'une transmission d'un véhicule a trois essieux.....	42
<i>Figure 2.4</i> : Chaîne cinématique de l'embrayage	43
<i>Figure 2.5</i> : schéma cinématique de l'embrayage.....	43
<i>Figure 3.2</i> : Ordinateur, auxiliaire d'enseignement.....	58
<i>Figure 3.3</i> : architecture du didacticiel	61
<i>Figure 3.5</i> : Création d'un document ou d'un cours.....	65
<i>Figure 3.6</i> : comment importé une vidéo ?.....	66
<i>Figure 3.7</i> : créé un exercice vrai ou faux.....	67

<i>Figure 3.8: créé un exercice QCM.....</i>	<i>68</i>
<i>Figure 4.1: capture de quelques pages de la partie tutoriel du didacticiel.....</i>	<i>70</i>
<i>Figure 4.2 : capture de quelques pages de la partie exerciceur du didacticiel.....</i>	<i>71</i>
<i>Figure 4.3 : graphe en pourcentage de notre sondage</i>	<i>72</i>

LISTE DES TABLEAUX

<i>Tableau 1.1</i> : classification de quelques véhicules utilitaires [1] (adapter à nos soins).....	5
<i>Tableau 1.2</i> : désignation pont différentiel	14
<i>Tableau 1.3</i> : nomenclature camion trois essieux [9]	15
<i>Tableau 1.4</i> : tableau de maintenance du système de transmission	16
<i>Tableau 1.5</i> : analyse comparative des travaux existants sur les méthodes de transmission de connaissances	26
<i>Tableau 3.1</i> : module et intitulés.....	60

LISTE DES ABREVIATIONS

Symboles	Désignations
TIC	Technologie de l'Information et de la Communication
TICE	Technologie de l'Information, de la Communication et à l'Education
EAO	Enseignement Assisté par Ordinateur
MA	Mécanique Automobile
BV	Boite de vitesse
AV	Avant
AR	Arrière
QCM	Question à Choix Multiple
ALAO	Enseignement des Langues Assisté par Ordinateur
USB	Universal Serial Bus
PC	Personl Computer
CAP	Certificat d'Aptitude Professionnel
BTS	Brevet des Techniciens Supérieur
UA	Unité d'Apprentissage
HTML	Hyper Text Markup Language
XML	eXtensible Markup Language
SCORM	Shareable Content Object Model
MVPL	Maintenance de Véhicules de Poids Lourd
ENT	Environnement Numérique de Travail
CMA	Construction et Maintenance Automobile
MVT	Maintenance des Véhicules de Tourisme

CAHIER DE CHARGE

Le but de ce cahier de charge est de présenter le thème qui meublera l'ensemble des travaux de ce mémoire pour cela, il sera question de le situer d'abord dans le contexte de l'étude avant de ressortir le problème de la recherche et les différents objectifs à atteindre.

1- TITRE DU PROJET

Etude conceptuelle et réalisation d'un didacticiel pour le fonctionnement et la maintenance des systèmes des transmissions des véhicules utilitaires : cas d'un véhicule à trois essieux

2- CONTEXTE ET INTERET DE L'ETUDE

2.1- Contexte de l'étude

En collaboration avec les observateurs et acteurs pédagogique avertis, ayant œuvré dans le secteur d'enseignement pendant un bon nombre d'année, nous avons constaté que dans leur pratique, les enseignants de la mécanique automobile utilisent la méthode traditionnelle (ou classique) pour transmettre les connaissances aux élèves. Leur souci se limite à assurer le contenu du curriculum que l'apprenant doit mémoriser pour passer avec succès l'examen, sans lui permettre de conceptualiser et d'assimiler les notions importantes. Au niveau de l'apprentissage, on note l'absence d'encouragement à l'initiative, à la créativité et à l'autonomie. On déplore entre autres, chez les apprenants Camerounais, une passivité notoire, ces derniers attendent tout de leurs maîtres et sont par surcroît de très bons récepteurs. Dans la pratique de l'enseignement classique, les enseignants de la mécanique automobile sont tellement préoccupés par l'enseignement qu'ils négligent l'apprentissage, créant ainsi une rupture de l'équilibre entre les trois composantes du triangle pédagogique (l'apprenant, l'enseignant, l'objet à apprendre et à enseigner). Cette rupture a conduit à l'échec de bien des pratiques pédagogiques antérieures qui ont accordé la priorité à deux de ces composantes (l'enseignant et l'objet à apprendre et à enseigner) au détriment du troisième (l'apprenant). Deuxièmement nous constatons l'engouement des jeunes en vers l'utilisation des Technologies de l'Information et de la Communication (TIC), qui depuis leur arrivée, se remarque par l'utilisation de plus en plus croissante de l'ordinateur et téléphone portables par les apprenants pour jouer ou pour communiquer à travers plusieurs réseaux sociaux (*Internet, Facebook, Twitter, etc.*). En revanche, il est malheureux de constater que ces jeunes, au lieu d'utiliser ces outils à bon escient, s'en servent plutôt pour le divertissement ou pour le déviationnisme. A la place de réviser les matières ou de faire leurs devoirs, ces jeunes de la « génération *Facebook* » passent leur temps à « *surfer* » et se retrouvent enfin de compte dans une situation d'échec scolaire.

2.2- Intérêt de l'étude

Cette étude vise un triple intérêt :

- ✓ **Sur le plan de la politique nationale de promotion des TICE :** Cette étude contribuera à la concrétisation des stratégies proposées pour l'intégration de ces technologies dans le

mode éducatif Camerounais ; elle influence de manière très positive sur la qualité du processus enseignement-apprentissage afin de préparer les élèves au monde d'aujourd'hui et, encore davantage, à celui de demain ;

- ✓ **Sur le plan didactique** : Le didacticiel du système transmission automobile vient compléter la panoplie existante des aides didactiques et peut être une occasion de repenser, de rénover et d'améliorer l'enseignement de la mécanique du poids lourd dans notre pays ;
- ✓ **Sur le plan pédagogique** : La mission du didacticiel est d'initier les apprenant à la démarche scientifique et permet aux apprenants de construire leurs savoirs, acquérir les habiletés intellectuelles et de développer les compétences disciplinaires et digitales.

3- PROBLEME DE LA RECHERCHE

Nous faisons face à une explosion de la filière mécanique automobile dans nos lycées techniques et centres de formation professionnelle notamment, la Construction et Maintenance Automobile (CMA) qui a donné naissance à la Maintenance des Véhicules de Tourisme (MVT) et à la Maintenance de Véhicules de Poids Lourd (MVPL). Dans le souci d'améliorer les méthodes et les techniques favorable à l'enseignement apprentissage dans ce domaine, plus précisément en CMA-MVPL nouvellement crée dans nos lycées, nous nous somme poser la question à savoir : comment mettre sur pied une technique favorable et approprier pour la transmission des connaissances dans le domaine de la mécanique automobile des poids lourd ?

4- OBJECTIFS DE L'ETUDE

4.1. Objectif général

L'objectif de cette étude est de réaliser un didacticiel du système de transmission automobile d'un camion à trois essieux destinés aux apprenants de la MVPL orienté vers la pédagogie centrée sur l'autonomie et l'individualisation de l'apprenant dans un environnement pédagogique informatisé.

4.2. Objectifs spécifiques

Pour atteindre ce but, nous avons orienté notre étude vers les objectifs ci-après :

- ✓ Retrouver des contenus pédagogiques baser sur le system de transmission automobile des poids lourds ;
- ✓ Concevoir notre didacticiel (réalisé le scenario des contenus pédagogique) ;
- ✓ Réaliser notre didacticiel à travers un logiciel open source destiner à la réalisation des séquences pédagogique (Exe Learning) ;
- ✓ Évaluer notre prototype (auprès des spécialistes du domaine) pour en juger de sa valeur pédagogique.

5. PLAN DE PRESENTATION DU MEMOIRE

Le présent mémoire est organisé comme suit :

- ✓ Dans le **chapitre 1** relatif à la **revue de littérature**, nous commencerons par présenter de façon globale le système de transmission automobile et par la suite nous présenterons une

généralité sur les didacticiels utilisés pour la transmission des connaissances et en fin nous ferons une synthèse de certains travaux qui vont nous renseigner sur l'état actuel des techniques utilisées pour transmettre les connaissances dans le domaine de la MA ;

- ✓ Le **chapitre 2** présente le calcul de **dimensionnement d'un système de transmission à trois essieux** qui sera par la suite introduire dans notre didacticiel en tant que ressource pédagogique.
- ✓ Le **chapitre 3** est consacré à la **réalisation du didacticiel de formation**, il renvoi à la présentation de la méthode et le processus d'élaboration de notre didacticiel jusqu'à sa réalisation ;
- ✓ Enfin au **chapitre 4** réservé aux **Présentations des Résultats et coût de réalisation**, nous présenterons quelques pages de notre didacticiel obtenu et par la suite nous parlerons de son évaluation et de l'élaboration de son coût.

INTRODUCTION GENERALE

En collaboration avec les observateurs et acteurs pédagogiques avertis, ayant œuvrés dans le secteur d'enseignement pendant un bon nombre d'année, nous avons constaté que dans leur pratique, les enseignants de la mécanique automobile utilisent la méthode traditionnelle (ou classique) pour transmettre les connaissances aux élèves. Leur souci se limite à assurer le contenu du curriculum que l'apprenant doit mémoriser pour passer avec succès l'examen, sans lui permettre de conceptualiser et d'assimiler les notions importantes. Au niveau de l'apprentissage, on note l'absence d'encouragement à l'initiative, à la créativité et à l'autonomie. On déplore entre autres, chez les apprenants Camerounais, une passivité notoire, ces derniers attendent tout de leurs maîtres et sont par surcroît de très bons récepteurs. Deuxièmement nous constatons l'engouement des jeunes vers l'utilisation des Technologies de l'Information et de la Communication, qui depuis leur arrivée, se remarque par l'utilisation de plus en plus croissante de l'ordinateur et téléphone portables par les apprenants pour jouer ou pour communiquer à travers plusieurs réseaux sociaux (*Internet, Facebook, Twitter, etc.*). En revanche, il est malheureux de constater que ces jeunes, au lieu d'utiliser ces outils à bon escient, s'en servent plutôt pour le divertissement ou pour le déviationnisme. A la place de réviser les matières ou de faire leurs devoirs, ces jeunes de la « génération *Facebook* » passent leur temps à « *surfer* » et se retrouvent enfin de compte dans une situation d'échec scolaire. De cette étude ont émergé deux principaux problèmes : l'inefficacité de l'enseignement classique de la mécanique automobile et l'engouement des jeunes vers l'utilisation des Technologies de l'Information et de la Communication (TIC). Pour résoudre à ces problèmes, nous nous sommes posés la question de savoir : quelle technique ou dispositifs pouvons-nous mettre sur pied pour résoudre cela ? pour mener à bien notre travail nous avons structuré comme en quatre chapitres à savoir :

- ✓ Chapitre 1 : revue de littérature ;
- ✓ Chapitre 2 : dimensionnement d'un système de transmission à trois essieux ;
- ✓ Chapitre 3 : réalisation du didacticiel de formation ;
- ✓ Chapitre 4 : Résultats et discussion, estimation du coût de réalisation.

Chapitre I : REVUE DE LITTERATURE

Introduction

Les Technologies de l'Information et de Communication occupent une place de plus en plus importante dans les programmes de formation des apprenants. L'utilisation d'un programme informatique appelé didacticiel dans le domaine de la mécanique automobile est une stratégie favorable d'acquisition des savoirs. Dans ce chapitre nous commencerons par parler des généralités sur la transmission des véhicules utilitaires et par la suite de la généralité sur les didacticiels utiliser pour la transmission des connaissances et en fin nous ferons une revue des solutions existantes dans le domaine de transmission des connaissances en mécanique automobile.

I.1. GENERALITES SUR LA TRANSMISSION DES VEHICULES UTILITAIRES A DEUX (02) ET TROIS (03) ESSIEUX

I.1.1. Les véhicules utilitaires

Ce sont des véhicules capables d'assurer des fonctions très différentes, généralement à des fins professionnelles. Il peut s'agir :

- ✓ Des fourgons ;
- ✓ Des pick-up ;
- ✓ Des camions (benne, citernes, ...) ;
- ✓ Des camionnettes ;
- ✓ Des fourgons caisse meuble avec châssis cabine ;
- ✓ Des bus de transport pour personne ;
- ✓ Des évacuateurs sanitaires ;
- ✓ Des véhicules pour missions de combat ;
- ✓ ...etc.

I.1.2. Classification de quelques véhicules utilitaires

Tableau 1.1 : classification de quelques véhicules utilitaires [1] (adapter à nos soins)

Caractéristiques	Photographie et application
Les véhicules utilitaires donc le poids ne dépasse pas 3T5	
Fourgonnette Marque : fiat escudo Poids : 1320 kg	
Fourgon Marque : Renault masta Poids : 1790 kg	
Les poids lourds, poids supérieurs à 3T5 ✓ <u>Les camions</u>	
Camion bâché Poids : 19000kg	

Camion toupie 04 roues directrices Poids : 26000 kg	
Camion benne 04 roues motrice Poids : 26000 kg	
✓ Les tracteurs et ensemble tracteur	
Tracteur a deux essieux Poids : 5000kg	
Semi-remorque 49t500 12 mètres	
Camion remorque Longueur 16.50 mètres	
✓ <u>Les car et bus</u>	
Car	
Bus	

I.1.3. Les essieux

Les essieux sont les axes mécaniques transversaux supportant deux roues, une à chacune de ses extrémités. Ces éléments mécaniques, qui sont situés à l'avant et à l'arrière de l'automobile, servant principalement à supporter le poids des roues et des commandes de direction ainsi que certains éléments de la suspension. Les essieux permettent également de maintenir l'écartement entre les deux roues. [2]

I.1.4. L'importance de l'essieux sur un véhicule.

Les essieux représentent un élément mécanique essentiel pour le véhicule. En effet, ils permettent la mise en relation entre les roues avants, les roues arrières et les commandes d'un côté, ainsi que la force motrice générée par le moteur de l'autre. Cette répartition des forces appliquées aux roues dépend du fait que les essieux sont porteurs ou moteur, conducteurs ou pas. [2]

I.1.5. Les types d'essieux utiliser sur un véhicule

a) Les essieux rigides

Les essieux rigides sont les axes mécaniques utilisés pour tenir les roues depuis les débuts de l'automobile. Employés sur l'ensemble des véhicules jusqu'à la fin de la seconde guerre mondiale, de nos jours, ce type d'essieux ne se retrouve plus que sur les véhicules amenés à supporter des changements et des charges très importantes, comme les véhicules à quatre roues motrices ou bien poids lourds. [2]



Figure 1.1 : essieux rigides [3]

b) Les essieux brisés ou à roue indépendante

Contrairement aux essieux rigides les essieux brisés sont des essieux pouvant comporter un ou deux points d'articulations. Ils permettent de rendre la suspension des roues indépendante l'une de l'autre, ce qui permet de mieux gérer l'inclinaison transversale du véhicule sur un plan oblique. [2]



Figure 1.2 : essieux brisés à roue indépendante [2]

I.2. Transmission automobile

Une transmission est un dispositif mécanique permettant de transmettre un mouvement d'un organe à un autre. La puissance mécanique fournie par le moteur est transmise au moins à 02 roues, éléments supportant le véhicule. La transmission du couple moteur est assurée par une boîte de vitesse et autres organes de transmission (embrayage, arbre de transmission, pont différentiel, et roues...). [4]

I.2.1. Fonction globale

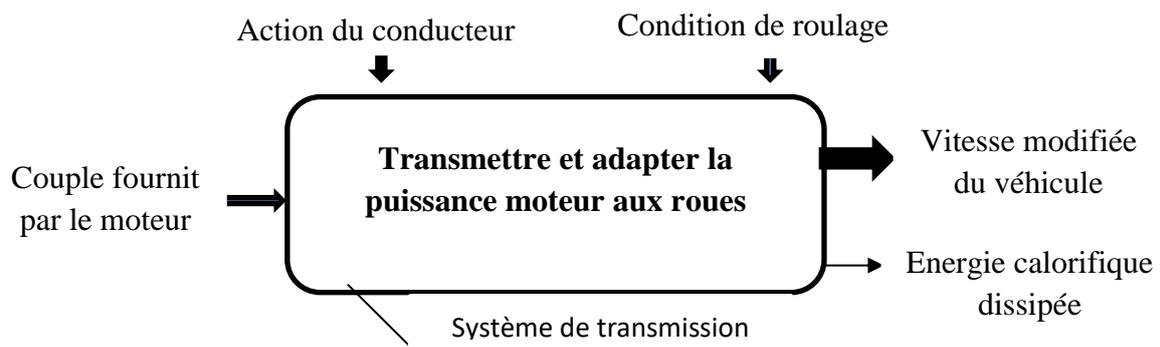


Figure 1.3 : fonction globale d'une transmission (à nos soins)

I.2.2. Synoptique de la chaîne de transmission de puissance

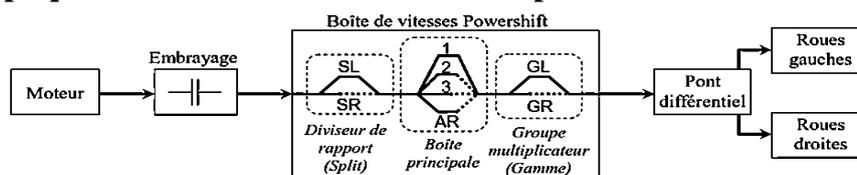


Figure 1.4 : synoptique d'une chaîne de transmission (Mercedes tracteur ACTROS) [5]

I.2.3. Présentation de la chaîne de traction d'un véhicule

La chaîne de traction d'un véhicule est l'ensemble des éléments mécaniques qui assurent le déplacement de celui-ci. La chaîne de traction est composée de plusieurs éléments distincts, à savoir :

- ✓ Le groupe motopropulseur qui assure la production d'énergie nécessaire au déplacement.
- ✓ La transmission qui assure le cheminement de l'énergie produite par le groupe motopropulseur jusqu'aux roues.

Le rôle de la transmission est exposé autour d'un exemple illustré par le schéma ci-dessous composé du groupe motopropulseur, d'un embrayage, de la boîte de vitesse et de l'arbre de transmission jusqu'aux roues. Cette architecture très classique est un bon exemple pour expliquer le fonctionnement de la transmission en général et d'exposer les différentes technologies existents. [6]

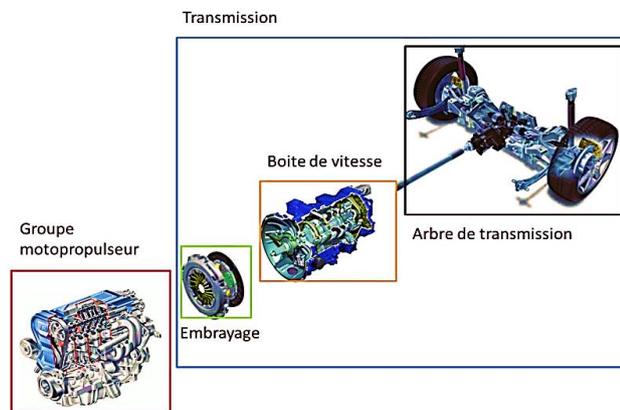


Figure 1.5 : chaîne de traction d'un véhicule [6]

Comme le montre la **Figure 1.5**, la transmission (cadre bleu) est composée de différents éléments permettant de transmettre et de démultiplier le couple fourni par le groupe motopropulseur (rouge). La boîte de vitesse permet de démultiplier le couple fourni par le groupe motopropulseur et donc d'obtenir un ratio de couple et de vitesse entre le groupe motopropulseur et les roues, afin d'exploiter la même plage de fonctionnement du moteur pour des vitesses des véhicules très différentes. L'embrayage permet d'accoupler et de désaccoupler le groupe motopropulseur du reste de la transmission. Cette fonction permet de libérer la transmission afin de changer le rapport de boîte de vitesse puis de synchroniser la vitesse du moteur avec la nouvelle vitesse de sortie de boîte. [6]

I.3. Généralités sur les systèmes de transmission des véhicules à deux essieux

La transmission assure l'acheminement du couple jusqu'aux roues, elle est composée de quatre organes : **l'embrayage, la boîte de vitesses, arbres de transmission et pont différentiel**. L'embrayage et la boîte de vitesses manuelle sont des technologies les plus répandues mais ce ne sont pas les seules. D'autres technologies existent et proposent une alternative à l'embrayage et à la boîte de vitesses traditionnelle. [5] Dans cette partie nous allons prendre le cas d'une transmission avec boîte de vitesse mécanique et d'un embrayage à friction pilotée.

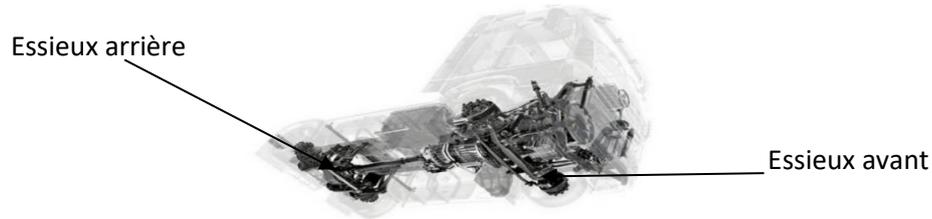


Figure 1.6 : présentation du système de transmission à deux essieux. [5]

I.3.1. Description du système de transmission des véhicules à deux essieux

Le système de transmission doit être capable de :

- ✓ Transmettre la puissance du moteur aux roues motrices ;
- ✓ Distribuer la puissance aux roues quelque soit leur différence de vitesse ;
- ✓ Adapter la puissance motrice à l'évolution souhaitée du véhicule pour répondre à ses exigences.

Le système de transmission comprend les éléments suivants :

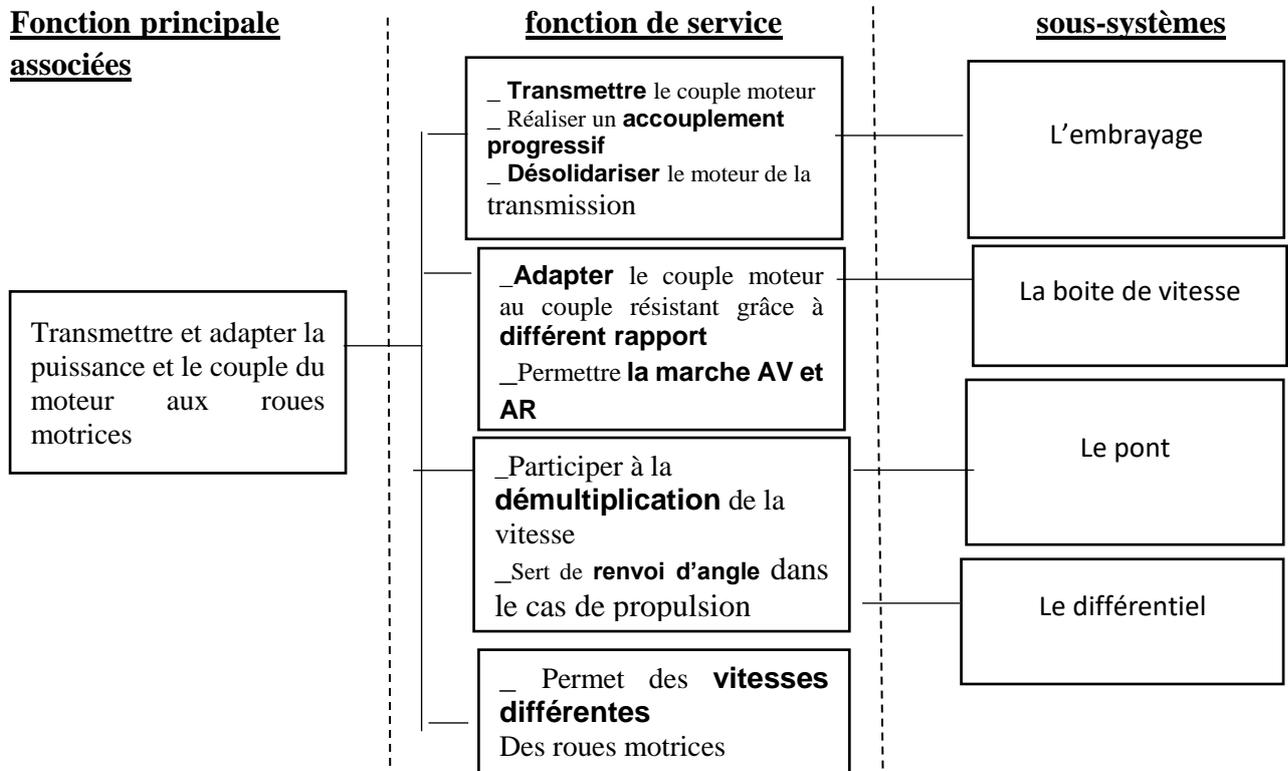


Figure 1.7 : présentation du système de transmission (à nos soins)

I.3.2. Embrayage à diaphragme piloté automatiquement

L'embrayage garantit la liaison entre le groupe motopropulseur et la transmission. La mise en charge de l'accouplement se fait de manière progressive via sa transmission par adhérence qui permet d'éviter les à-coups, sources d'inconfort et de la rupture des éléments de la chaîne cinématique. [6]

a) Fonctionnement du système d'embrayage

Le couple moteur est transmis à la boîte de vitesses par adhérence. Cette adhérence est issue du contact entre les garnitures d'embrayage présentes sur le disque d'embrayage, lié mécaniquement à la boîte, et le volant moteur (solidaire du moteur). Un ressort de forme circulaire appelé diaphragme, fournit la force nécessaire pour plaquer les garnitures au volant

moteur via le plateau de pression. La butée d'embrayage actionnée par le conducteur ou par un actionneur d'embrayage, en exerçant une pression sur le diaphragme, permet de réduire la pression entre le volant moteur et les garnitures, jusqu'à rompre totalement le contact entre les deux pièces. [6] L'embrayage présente trois phases de fonctionnement à savoir :

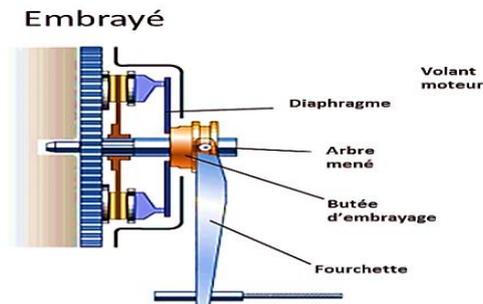


Figure 1.8 : schéma d'embrayage en phase embrayé [6]

- **Embrayé** : Cet état est la position stable de l'embrayage, dans cette position le diaphragme plaque les garnitures sur le volant via le plateau de pression et l'intégralité du couple fourni par le moteur est transmis, le moteur et la boîte sont alors accouplés.

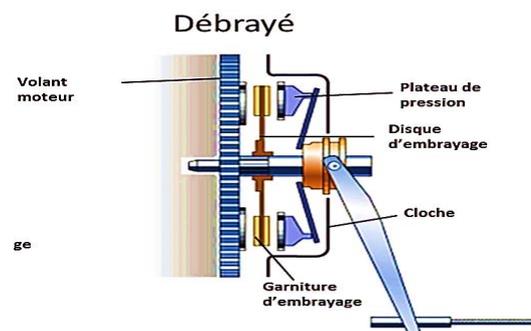


Figure 1.9 : schéma d'embrayage en phase débrayé [6]

- **Débrayé** : Dans cette position, le contact entre les garnitures et le volant est rompu, le moteur et la boîte de vitesse sont alors découplés. Le couple issu du moteur n'est plus du tout transmis à la boîte, le véhicule est donc en roue libre. Le changement de rapport s'opère dans cette phase.
- **Phase transitoire de glissement** : Cette phase se situe à mi-chemin entre l'accouplement total et le désaccouplement, le volant et les garnitures sont en contact mais la pression exercée par le diaphragme, induite par la position de la butée, n'est pas suffisante pour transmettre la totalité du couple fourni par le moteur à la boîte de vitesse, alors l'embrayage glisse. Lors de cette phase de glissement, l'accouplement des vitesses moteur et boîte peut être réalisé en douceur, l'embrayage y présente des propriétés de filtrage des acyclismes moteur. [6]

b) Commande automatique de l'embrayage

L'automatisation pour la commande a pour but d'éviter au conducteur la manœuvre sur la pédale d'embrayage, tout en gardant une transmission totalement mécanique d'un coût moindre que celui qui utilise la transmission automatique à convertisseur et à train épicycloïdale.

Un calculateur, informé de la position du levier de vitesse, du rapport engagé, du régime moteur, du régime à l'entrée de la boîte de vitesse, (ou de vitesse de notre véhicule) et de la position de l'accélérateur (volet ou pédale), commande :

- ✓ Soit l'arrivée d'une source de pression hydraulique ou récepteur d'embrayage ;
- ✓ Soit l'alimentation d'un actionneur électromécanique de la fourchette d'embrayage ;
- ✓ Soit l'alimentation d'un actionneur électromécanique de l'émetteur hydraulique d'embrayage.

I.3.3. Boîte de vitesse mécanique pilotée

La boîte de vitesse automatisée n'est rien de plus qu'une boîte de vitesse manuelle accouplée à un embrayage à sec à la différence près que l'ensemble de la procédure de changement de rapport est assuré par un automate. Des actionneurs pilotent donc la boîte et l'embrayage en lieu et place du conducteur qui peut choisir de conduire sans se soucier des changements de rapport ou en indiquant au système une volonté de changement de rapport en actionnant un sélecteur.

La boîte de vitesse apporte un lot d'avantages indéniables en termes de fiabilité et de coût étant donné que la technologie employée est identique aux boîtes de vitesse manuelles. L'automatisation d'une boîte manuelle est donc un bon moyen de faire une boîte de vitesse automatique robuste à moindre coût, mais cette solution présente également des inconvénients en termes de confort et de réactivité. Bien que l'automatisation de la boîte confère au système un niveau de confort intéressant de par la suppression de la tâche « changement de rapport » pour le conducteur, il est difficile de concilier vitesse d'exécution et confort d'utilisation lorsque le changement de rapport implique un désaccouplement complet du moteur et de la transmission. Le changement de rapport au niveau de la boîte de vitesse ne pose pas vraiment de problème, en revanche l'ouverture de l'embrayage génère une rupture de couple, le véhicule se trouve alors en roue libre, ce qui présente un désagrément de conduite important, enfin, la fermeture de l'embrayage nécessite une synchronisation de la vitesse du moteur et de la vitesse de la boîte. La vitesse de synchronisation est un compromis entre un ré-embrayage trop rapide qui génère un à-coup et un ré-embrayage trop lent qui limite la réactivité du système. Cette vitesse de synchronisation peut donc être un paramètre de réglage pour le système entre sportivité (synchronisation rapide) et confort (synchronisation lente), mais dans des proportions relativement restreintes. [6]

a) Présentation du système



Figure 1.10 : boîte de vitesse powerShift [5]

En introduisant la boîte de vitesses Mercedes PowerShift avec commande des rapports entièrement automatisée en version à 12 rapports, Mercedes-Benz propose des boîtes de vitesses compactes et très performantes destinées à une utilisation sur route. Ces boîtes sont

- 13 : Levier de débrayage
- 14 : Générateur d'impulsions (régime de sortie de la boîte de vitesses)
- 15 : Pompe à huile
- 16 : Commande longitudinale des rapports

Architecture simplifiée de la boîte de vitesses

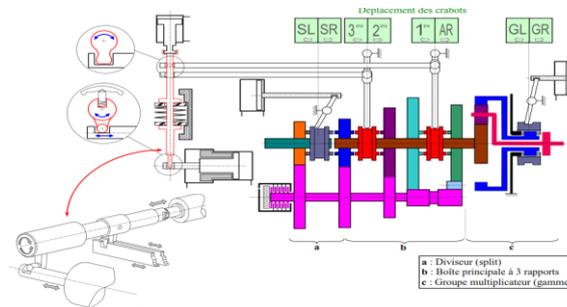


Figure 1.14 : Architecture simplifiée de la boîte de vitesses [5]

I.3.4. Arbre de transmission

Un arbre est un organe mécanique transmettant une puissance sous forme d'un couple et d'un mouvement de rotation. La forme cylindrique de cet organe est à l'origine de son nom. Il comporte des cardans, ce qu'il offre comme avantage la possibilité de changer l'axe de rotation. La fonction principale d'un arbre de transmission est de transmettre la puissance entre la boîte de transfert et le pont (avant ou arrière) avec un rendement important (de l'ordre de 98%). [4]

a) Présentation de l'arbre de transmission



Figure 1.15 : arbre de transmission [1]

Il y a de nombreuses subtilités dans le montage et le bon fonctionnement d'un arbre de transmission. Ces subtilités peuvent avoir un impact important sur la durée de vie de notre arbre et des composants alentours, sur les vibrations ressenties et sur son aptitude à remplir le cahier des charges pour lequel il est prévu. [4]

I.3.5. Pont différentiel

Appelé aussi différentiel, il sert à transférer le mouvement issu de la boîte de vitesses dans l'axe de rotation des roues motrice. En même temps il permet de « gérer » la différence de vitesse des roues motrices dans les virages (les roues extérieures faisant plus de distance que celles intérieures). [4]

Il a donc pour rôle de :

- ✓ Mécanisme permettant aux roues d'un même pont de tourner à des vitesses différentes.
- ✓ Renvoi d'angle à 90°.

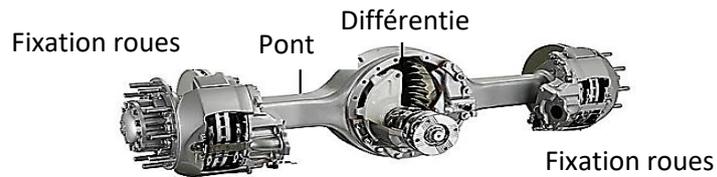


Figure 1.16 : pont différentiel. [7]

1.3.6. Description du différentiel de pont

Le différentiel est un dispositif qui divise le couple moteur en deux, permettant à chaque sortie de tourner à une vitesse différente.

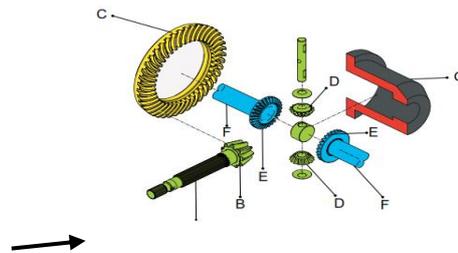


Figure 1.17 : différentiel [8]

Tableau 1.2 : désignation pont différentiel

Lettre:	Description;
A	L'arbre de transmission (pignon)
B	Pignon de transmission
C	Couronne dentée
D	Petit engrenage (pignons)
E	Planétaire
F	Demi-arbre
G	Boîtier du différentiel

b) Fonctionnement

- ✓ **Fonctionnement en ligne droite** : les 1/2 arbres ont la même vitesse, les satellites tournent solidairement avec la coquille.
- ✓ **Fonctionnement au virage** : les 1/2 arbres tournent avec des vitesses différentes compensées par la rotation des satellites.
- ✓ **Le blocage du différentiel** : il permet le blocage de différentiel, permet de neutraliser l'action du différentiel et rend solidaires les roues d'un même pont.

I.4. Transmission a trois essieux

En plus des éléments et du fonctionnement de la transmission a 02 essieux, la transmission a 03 ne diffère que d'un pont supplémentaire monter en série sur la transmission.

I.4.1. Présentation du système

La transmission a trois essieux est constituer de :

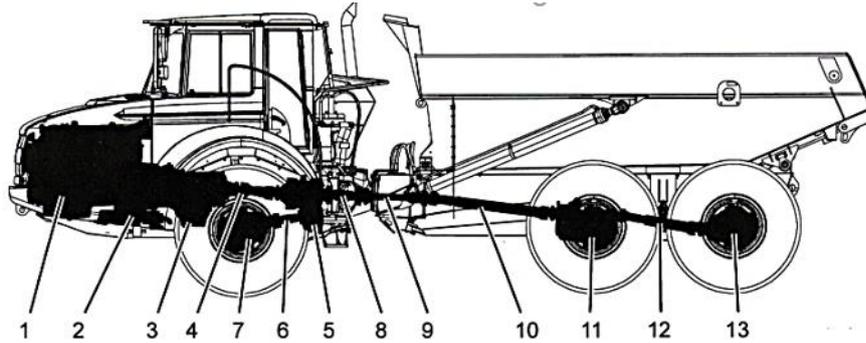


Figure 1.18 : système de transmission d'un véhicule a trois essieux [9]

Tableau 1.3 : nomenclature camion trois essieux [9]

Rep	Désignation	Rep	Désignation
1	Moteur	8	Arbre de transmission
2	Prise de force Pompes Hydrauliques	9	Arbre intermédiaire
3	Boîte de vitesse	10	Arbre cardan arbre intermédiaire/arbre boggie avant
4	Arbre cardan BV/Boîte transfert	11	Pont avant tandem
5	Boîte de transfert	12	Arbre cardan boggie avant/boggie arrière
6	Arbre cardan Boîte transfert/arbre avant	13	Pont arrière tandem
7	Pont AV		

I.4.2. Boîte de transfert

Réservée aux 4x4, la boîte de transfert est une transmission disposant de deux démultiplications, une "longue" et une "courte". La gamme de rapports courts sert au moment de franchir des pentes raides, ou lors des passages d'obstacles qui nécessitent une faible vitesse, tandis que le rapport long est utilisé pour les trajets routiers. Ce système s'intercale entre la boîte de vitesse et les arbres de transmission. La réduction se fait au travers d'un train épicycloïdal à deux rapports, qu'est commandé par le conducteur, à l'aide d'un petit levier de vitesse supplémentaire ou d'un interrupteur électrique. Autrement dit, elle sert à : sélectionner la vitesse lente (tout terrain) ou la vitesse rapide (route), sélectionner 2 ou 4 roues motrices, sur certains véhicules sélectionner les fonctions auxiliaires (prise de force pour treuil, hydraulique, ...). Elle est aussi équipée d'un différentiel inter-pont qui gère la différence de vitesse entre les ponts avant et arrière. [4]

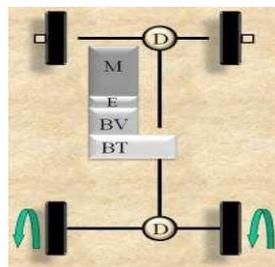


Figure 1.19 : L'emplacement de la boîte de transfert (BT) dans un véhicule [4]

I.4.3. Pont différentiel "tandem"

Le pont "tandem" se compose de deux réducteurs simples de type couple conique hypoïdal et d'une boîte de transfert montée dans le réducteur avant. Les carters de pont sont

coulés en fonte à graphite sphéroïdal pour une construction compacte avec une grande garde au sol. La plus grande partie de la démultiplication du couple se produit dans les réducteurs aux moyeux. Ceux-ci sont d'une construction fiable composée d'un train planétaire cylindrique avec des pignons à denture droite et montés sur roulements à aiguilles pour avoir de faibles pertes. Le pont tandem est conçu pour les transports lourds et astreints à être utilisés sur des poids roulants jusqu'à 100 tonnes. Les deux essieux moteurs permettent de transférer une grande force de traction au sol sans patinage, ce qui fournit une très bonne accessibilité et une faible usure des pneus. Le pont tandem est équipé de trois blocages de différentiel, un pour le réducteur avant, un pour le réducteur arrière et un pour la boîte de transfert. L'accessibilité sur les surfaces glissantes est ainsi optimale, ce qui augmente la productivité du véhicule. Les blocages de différentiel sont facilement commandés avec un commutateur à deux positions sur le tableau de bord. Lorsque le commutateur est à la première position, le blocage de différentiel inter-ponts est craboté sur la boîte de transfert, ce qui signifie que les deux ponts sont accouplés. La deuxième position sur le commutateur cabote les arbres de roues motrices des deux ponts. De nouvelles méthodes de production combinées avec une huile spéciale permettent d'avoir des intervalles plus longs entre les vidanges, ce qui réduit les coûts d'exploitation ainsi que les nuisances sur l'environnement. Avec cette huile synthétique homologuée, la vidange d'huile se fait à 450 000 km ou tous les trois ans. [9]

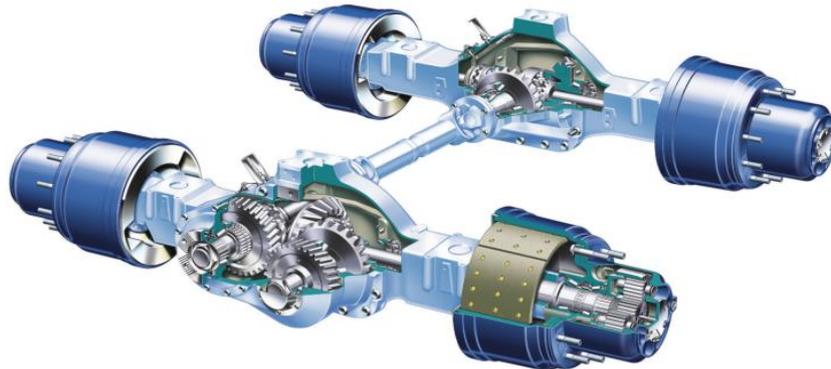


Figure 1.20 : pont tandem [10]

I.5. Étude des problèmes de maintenance des systèmes de transmission des véhicules utilitaires

Nous présenterons ici que quelques problèmes de maintenance du système de transmission et les solutions envisagées

Tableau 1.4 : tableau de maintenance du système de transmission

1-système d'embrayage	Organes	Contrôles à effectuer	Moyens utilisés	Défauts constatés	Causes possibles	Solutions de maintenances
	Disque d'embrayage	-l'état d'usure	-visuel ;	-usé ; -voilé.	-mauvaise conduite	Remplacer
	Butée	-l'état	-tactile ;	-défectueux	-longue durée d'utilisation	Remplacer

	Commande de débrayage	-l'usure -fuites	-visuel ;	-coupée ; -percée	-choc ; -vieillesse.	Remplacer Réparer
	Diaphragme	-l'usure	-visuel ;	-usé, tordue -cassé.	-mauvaise manœuvre, chocs	Remplacer
	Ressort de pédale	-raideur	-manuel ;	-faible.	-vieillesse.	Remplacer
2-Boite de vitesses	Levier de vitesse	-l'état	-visuel	-cassé	-manœuvre brusque	Remplacer
	Tringle de commande	-l'état	-visuel	-usé	-vieillesse	Remplacer
	Pignons	-l'état	-visuel	-usé ; -cassé.	-manque d'huile ; -chocs.	Remplacer
	Synchroniseurs	-l'état	-visuel	-crabotages user ou cassés	-chocs ; -vieillesse.	Remplacer
3-Arbres de transmission	Arbres de transmission	-l'état de vis de fixation. -l'état du joint cardant	-visuel	-vis de fixation coupées, desserrée ; -cardan usé. -arbre cassé.	-chocs ; -vibrations ; -vieillesse.	Remplacer
4-Pont différentiel	Couronne dentée	-l'état d'usure.	-visuel	-dentues cassées ; -usées.	-chocs ; -manque d'huile	Remplacer Faire le niveau d'huile pont
	Pignon d'attaque	-l'état d'usure.	-visuel	-dentues cassées ; -usées.	-chocs ; -manque d'huile	Remplacer Faire le niveau d'huile pont
	Planétaires et satellites	-l'état d'usure.	-visuel	-dentues cassées ; -usées.	-chocs ; -manque d'huile	Remplacer Faire le niveau d'huile pont

I.6. Solutions technique liées à la maintenance, la fiabilité et l'optimisation des coûts

En fin d'optimiser les coûts de maintenance et de rendre le système de transmission fiables, nous devons élaborer une politique et un plant de maintenance fiable tel que :

- ✓ Respecter les intervalles de maintenance ;

- ✓ Appliquer la maintenance préventive conditionnelle sur les organes du système de transmission automobile, sur les organes d'usure tel que le disque d'embrayage ;
- ✓ Appliquer la maintenance préventive systématique pour des opérations tel que la vidange ;
- ✓ Contrôler les niveaux des liquides régulièrement ;
- ✓ Appliquer la maintenance corrective sur les éléments du système de transmission tel que le plateau presseur ;

I.7. GENERALITES SUR LES DIDACTICIELS

Le mot didacticiel est une contraction de **didactique** et **logiciel**. Un didacticiel est un programme informatique relevant de l'enseignement assisté par ordinateur (EAO) ; plus précisément, il s'agit d'un logiciel interactif destiné à l'apprentissage du savoir (et plus rarement de savoir-faire) sur un thème ou un domaine donné et incluant généralement un autocontrôle de connaissance. C'est aussi un document (papier au support numérique) visant à former à l'utilisation d'un logiciel ; on parle de tutoriel. Le didacticiel permet **l'autodidaxie**, c'est à dire travailler seul en dehors de tout cadre éducatif, ou encore **l'autonomie**, c'est-à-dire dans le cadre d'un cours comme soutien scolaire.

I.7.1. Les constituants des didacticiels

Selon leurs contenus formels, les didacticiels sont constitués d'éléments suivants :

- **Supports**

Ce sont les documents présents et qui constituent les activités principales des didacticiels comme : les films vidéo qui peuvent être des documents authentiques (films, documentaires, reportages...) ou des vidéos fabriqués (des images virtuelles), des photos, des images fixes et des bandes dessinées. [11]

- **Aides et données**

Les aides sont des éléments qu'on utilise dans une activité de compréhension ou d'expression. Elles peuvent être des éléments écrits (des sous-titres, des mots clés, des phrases, etc.), ou des aides sonores (des commentaires ou des traductions). Les données sont des ressources qui permettent un travail ultérieur. Elles peuvent être des données écrites (par exemple un mot lié à une explication par un lien hypertexte, ou des données grammaticales), ou encore des données sonores ou visuelles (des images fixes, etc.). [12]

- **Exercices et taches**

Alors que les exercices désignent ce qui est du domaine de la manipulation, les tâches s'avèrent des activités plus élaborées et plus communicatives, ou il y a plus d'interactivité et d'échange.

- **Les documents**

Ces derniers peuvent être des images fixes ou mobiles, des textes ou des éléments sonores qui permettent à l'apprenant d'accéder à des informations contextuelles (par exemple un article de presse sur le même thème).

I.7.2. Les Fonctionnalités du programme

C'est ce qui permet à l'apprenant de naviguer à travers le programme, et d'effectuer certaines manipulations (par exemple : varier la longueur des pauses entre les phrases lors de l'écoute et contrôler l'ordre des activités).

I.7.3. Typologie des didacticiels

T. Lancien a classé les didacticiels en deux grandes catégories : systèmes et langages auteur.

- **Les systèmes auteurs :**

Les systèmes auteurs sont des programmes destinés à l'apprentissage des langues. Ce sont des générateurs d'exercices qui permettent d'importer des ressources pédagogiques personnelles (par exemple : des vidéos, des dessins, des photographies, des documents sonores ...), et de les intégrer dans les exercices proposés par les didacticiels. Ainsi, l'enseignant peut réaliser un didacticiel multimédia à partir de ses propres documents. Ce genre de didacticiel propose des QCM (Questionnaires à Choix Multiples), des textes à trous, des activités plus innovantes (comme l'analyse des phrases) ou de la prononciation. Ils renforcent l'interactivité par les dialogues, et les histoires interactives. Dans le contexte d'apprentissage, ce genre de didacticiels vise à développer toutes les compétences linguistiques à savoir : la compréhension orale, l'expression orale, la compréhension écrite et l'expression écrite. [12]

- **Les langages auteurs**

Appeler « prêt-à-porter » ou encore « clés en mains », les langages auteurs sont tous les didacticiels qui ne sont pas développés à partir de systèmes auteurs. « *Ce sont des langages de programmation conçus pour le développement et la mise au point de programme multimédia.* ». Ils sont très répandus sur le marché.

Ils proposent des supports (texte, des vidéos, des sons...) et des activités très variées (Simulation, dialogue ...) qui développent l'autonomisation.

Cette catégorie des didacticiels se divise elle-même en deux sous catégories :

- ✓ La première sous-catégorie renferme les cédéroms qui touchent à la langue ; ils présentent des contenus linguistiques traditionnels ou on aborde largement le lexique et la grammaire. La compétence communicative et la compétence interculturelle sont mises en marge, puisque c'est la compétence linguistique qui est visée ici. Les exercices proposés sont souvent des questionnaires à choix multiples (QCM). Ces didacticiels, faciles à utiliser, sont pauvres en multicanalité. Les liens hypertextes sont très réduits et l'interactivité peut aller du simple au sophistiqués, selon le programme.
- ✓ La deuxième sous-catégorie est la plus intéressante, on y trouve les produits les plus originaux. Ce sont des didacticiels qui visent des compétences selon des spécialités précises (comme par exemple la langue des affaires), ou selon des aptitudes précises (compréhension orale, expression orales ...), ou encore des didacticiels centrés sur la simulation ou l'interactivité. La simulation permet de considérer la langue comme un outil est non comme une fin en soi. Elle consiste à impliquer l'apprenant en lui proposant de jouer un rôle, et ce dans différents contextes (par exemple : une simulation d'entretien, ou encore une simulation où l'apprenant peut prendre le rôle principal dans un film interactif). [13]

I.7.4. Les activités d'apprentissage

Certains chercheurs du domaine de l'ALAO, spécialement F. Mangenot, proposent une typologie des activités d'apprentissage que peut proposer les didacticiels. Essentiellement, ces activités sont langagières.

En langue, une activité langagière est « *ce qui est donné à faire aux apprenants (consignes, supports, production attendu) et par ses objectifs (acquisitions et apprentissages visés)* ». Une

activité d'apprentissage implique toujours des activités langagières, par conséquent les deux notions sont inséparables.

F. Mangenot distingue dans une classe de langue entre : exercice, activité et tâche :

- ✓ **L'exercice** est un travail sur la langue et pour la langue.
- ✓ **L'activité** est un travail plus réel, ou l'usage de la langue est pour des fins communicationnelles. Les activités favorisent le travail en autonomie.
- ✓ **La tâche** est « *une activité qui n'est pas seulement communicationnellement vraisemblable, mais aussi interactionnellement justifiée dans la communauté où elle se déroule.* [13]

I.8. ETAT DE L'ART SUR LES TECHNIQUES DE TRANSMISSION DES CONNAISSANCES EN MECANIQUE AUTOMOBILE

Bons nombres d'auteurs ont travaillé sur les méthodes de transmission des connaissances dans le domaine de la mécanique automobile de par le monde. Il est ainsi présenté dans cette partie un certain nombre d'auteurs ayant fait des recherche et mise sur pied des techniques de transmission des connaissances. Il en ressort que les chercheurs ses sont orientés dans les techniques telles que les maquettes pédagogiques, les bancs didactiques, les planche pédagogique et les TIC. Nous présenterons quelques travaux des prédécesseurs qui ont orienté leur recherche dans ce domaine et par la suis présenté une analyse critique de ses méthodes.

I.8.1. Méthode transmission par banc didactique

Bons nombres de chercheur et institutions se sont lancés dans la recherche des méthodes faciles de transmission de connaissance dans le domaine de la mécanique automobile donc quelques-uns sont :

I.8.2. DIDAC BDH SARL - zac croix chartier (2016) [14]

Dans l'ouvrage intitulé << *matériels didactiques* >> le concepteur et fabricant de matériels pédagogiques Français DIDAC BDH SARL - ZAC Croix Chartier se donne le but de mettre sur pied une maquette (**banc didactique d'embrayage**) pour la transmission de connaissance dans le domaine de la mécanique automobile.

A. Matériels

Ce sous ensemble mécanique sur établi est composé de :

- ✓ Mécanisme d'embrayage (disque, plateau presseur; volant moteur...);
- ✓ Pédale et avec câble;
- ✓ Une instrumentation par capteur intègres;
- ✓ L'établie;
- ✓ Peinture.

B. Méthodes

La maquette d'embrayage est présentée sous forme d'un châssis comprenant l'embrayage et son mécanisme associé à un arbre primaire bloqué en rotation afin de pouvoir mesurer le couple qui lui est transmis, la pédale et son câble avec système de rattrapage de jeu et un pupitre équipé de deux afficheurs pour lire en temps en réel le couple transmis et l'effort

presseur (instrumentations par capteurs intégrés). Tous ces éléments sont positionnés tels que dans la réalité.



Figure 1.21 : banc didactique d'embrayage [14]

C) Objectifs pédagogiques

Ce support peut être utilisé dans le cadre de l'enseignement de l'Analyse Fonctionnelle, structurale et Mécanique (AFSM) du BTS AVA et du BAC PRO. L'étudiant est en face d'un sous ensemble mécanique sur établi composé d'éléments réels qui sont placés dans leur contexte. A l'issue des activités proposées, l'étudiant sera capable de :

- ✓ Identifier une solution d'embrayage (spécificités, caractéristiques, composition du disque et du mécanisme):
- ✓ Les composants sont réels (un disque « éclaté » est fourni en complément de la maquette assurant une étude structurale détaillée).
- ✓ Analyser et justifier l'emploi de l'ensemble des pièces constitutives du mécanisme d'embrayage par le calcul ou les mesures réelles (garnitures, diaphragme, disque de progressivité, ressorts d'amortissement, disques de frottement).
- ✓ Identifier les paramètres influents sur le fonctionnement, comprendre l'influence de l'usure du disque d'embrayage sur le couple transmissible et mettre en évidence l'intérêt d'un diaphragme pour assurer l'effort presseur.
- ✓ Mettre en évidence la nécessité du rattrapage du jeu, comprendre le principe de fonctionnement du système automatique et comprendre une méthode d'intervention.

I.8.3. N. Salamé, de l'I.N.R.P. (Institut National de Recherche Pédagogique 1984) [15]

Dans l'ouvrage intitulé << étude conceptuelle et réalisation des objets pédagogiques : banc pédagogique de boîtes de vitesse et embrayage pour formation des étudiants >> **N. Salamé** se donne le but de mettre sur pied une technique de transmission par banc didactique de **boîte de vitesse manuel avec embrayage**.

A. Matériels

- ✓ Une boîte de vitesse du véhicule de tourisme;
- ✓ Une établie métallique ;
- ✓ Commande de boîte de vitesses;
- ✓ Embrayage;
- ✓ Peinture ;
- ✓ Une meule pour la coupe de la boîte de vitesse.
- ✓ Un volant jouant le rôle de la manivelle.

B. Méthodes

Un système didactique en coupe sur châssis représentatif d'une boîte de vitesse de véhicule automobile avec embrayage hydraulique (non sectionné). Les changements de vitesse sont réalisés à partir d'un levier mécanique et l'embrayage est engagé en appliquant une pression sur une pédale. L'ensemble a été soigneusement sectionné à des fins pédagogiques et peint en différentes couleurs afin que l'on puisse mieux distinguer les divers composants.

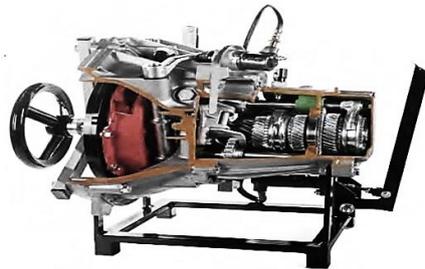


Figure 1.22 : banc didactique de boîte de vitesse et embrayage [15]

C. Objectifs pédagogiques

A l'issue des activités proposées, l'étudiant sera capable :

- ✓ De situer les composants sur le véhicule;
- ✓ De repérer et d'identifier les différents constituants d'une boîte de vitesses;
- ✓ D'analyser la fonction de la BV (calcul des rapports, étagement, adaptation au moteur et au véhicule);
- ✓ D'identifier les différents éléments d'un synchroniseur;
- ✓ De mettre en évidence la nécessité de la synchronisation;
- ✓ D'analyser les différentes phases de la synchronisation;
- ✓ D'analyser les dysfonctionnements d'un synchroniseur;

I.8.4. PRODIDAC (entreprise Allemande 2019) [16]

Dans l'ouvrage intitulé « étude et réalisation des équipements pour enseignement technique » l'entreprise Allemande **PRODIDAC** se propose de faciliter la transmission des connaissances en mettant sur pied un banc didactique de transmission de véhicule 4x4 avec composant en coupe, avec boîte à 5 vitesses et marche arrière.

A. Matériels

- ✓ Pont différentiel;
- ✓ Boîte de vitesse;
- ✓ Châssis ou bâtis;
- ✓ Peinture;
- ✓ Deux demies arbre de roue ou cardan;
- ✓ Une demie arbre de transmission
- ✓ Une manivelle pour faire tourner le mécanisme;
- ✓ Boîte de transfert et demi arbre de roue.

B. Méthodes

Banc didactique représentatif d'un ensemble de transmission du type de celui monté sur la plupart des véhicules 4x4 tout terrain. Les différents composants sont présentés en éclaté réel en coupe, raccordés ensemble afin de permettre aux apprenants de comprendre facilement et

rapidement leur fonctionnement. L'ensemble a été soigneusement sectionné à des fins pédagogique et peint en différents couleurs afin que l'on puisse mieux distinguer les divers composants, les corps; les circuits de transmission.



Figure 1.23 : banc didactique de transmission automobile [16]

C. Objectifs pédagogiques

A l'issue des activités proposées, l'étudiant sera capable :

- ✓ De situer la transmission sur le véhicule ;
- ✓ De repérer et d'identifier les différents composants du système ;
- ✓ D'identifier les composants du système de transmission automobile (d'embrayage, boîte de vitesse, arbres de transmissions, pont différentiel, demis arbres de roues) ;
- ✓ De situer les composants sur le véhicule;
- ✓ De repérer et d'identifier les différents constituants d'une boîte de vitesses;
- ✓ D'analyser la fonction de la BV (calcul des rapports, étagement, adaptation au moteur et au véhicule);
- ✓ D'identifier les différents éléments d'un synchroniseur;
- ✓ De mettre en évidence la nécessité de la synchronisation;
- ✓ D'analyser les différentes phases de la synchronisation;
- ✓ D'analyser les dysfonctionnements d'un synchroniseur;
- ✓ Identifier une solution d'embrayage (spécificités, caractéristiques, composition du disque et du mécanisme):
- ✓ Les composants sont réels (un disque « éclaté » est fourni en complément de la maquette assurant une étude structurée détaillée).
- ✓ Analyser et justifier l'emploi de l'ensemble des pièces constitutives du mécanisme d'embrayage par le calcul ou les mesures réelles (garnitures, diaphragme, disque de progressivité, ressorts d'amortissement, disques de frottement).
- ✓ Identifier les paramètres influents sur le fonctionnement, comprendre l'influence de l'usure du disque d'embrayage sur le couple transmissible et mettre en évidence l'intérêt d'un diaphragme pour assurer l'effort presseur.
- ✓ Mettre en évidence la nécessité du rattrapage du jeu, comprendre le principe de fonctionnement du système automatique et comprendre une méthode d'intervention.

I.8.5. Méthode de transmission pas TICE

D'autres chercheurs se sont penchés dans la transmission des connaissances à travers les TICE (Technologie de l'Information de la Communication en Apprentissage) tel que :

I.8.6. Karim YAKHOU (1999) [17]

Dans l'ouvrage intitulé « *étude expérimentale et réalisation d'un didacticiel pour observation du comportement dynamique d'une boîte de vitesse avec pont différentielle* »

Karim YAKHOU se donne le but de mettre sur pied une technique de transmission de connaissance par TCI (didacticiel) dans le domaine de la mécanique automobile.

A. Matériels

- ✓ Un ordinateur;
- ✓ Des maquettes de formation numérique
- ✓ Vidéos, images et illustrations.

B. Méthodes

Les mesures réalisées sont « rejouées » pour analyser la phase de changement de rapports (vitesses des pignons avant changement, vitesse à atteindre, action du synchroniseur...). Les modèles numériques fournis permettent une étude concrète et précise de chacun des éléments. Ainsi, cet ensemble est très pertinent dans l'enseignement de l'analyse des systèmes.

Un logiciel avec plusieurs parties permettant :

- de découvrir la boîte de vitesses en 2D et en 3D ;
- d'animer à l'écran des dessins 2D de BV en temps réel ;
- de réaliser des mesures dans différentes phases de fonctionnement ;
- de rejouer ces mesures en animant les éléments internes de la BV.

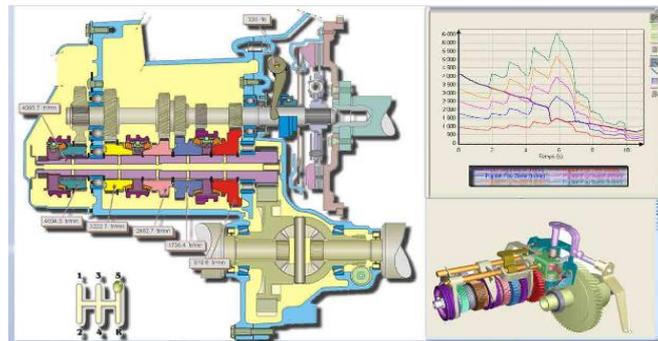


Figure 1.24: didacticiel de transmission automobile [17]

C. Objectifs pédagogiques

A l'issue des activités proposées, l'étudiant sera capable :

- ✓ De situer les composants sur le véhicule ;
- ✓ De repérer et d'identifier les différents constituants d'une boîte de vitesses ;
- ✓ D'analyser la fonction de la BV (calcul des rapports, étagement, adaptation au moteur et au véhicule) ;
- ✓ D'identifier les différents éléments d'un synchroniseur ;
- ✓ De mettre en évidence la nécessité de la synchronisation ;
- ✓ D'analyser les différentes phases de la synchronisation ;
- ✓ D'analyser les dysfonctionnements d'un synchroniseur ;

La structure de la maquette assure une étude très concrète de la BV. De plus, le logiciel permet une analyse très fine des vitesses en jeu et notamment de la synchronisation.

Cet ensemble pédagogique couvre les niveaux du CAP au BTS, un dossier pédagogique très complet est *fourni avec la maquette (sur clé USB)*.

EXCLUSIVITE : Un logiciel (sur PC) de pilotage d'images à partir du simulateur sera livré avec la maquette détaillant l'ensemble des phases de fonctionnement avec analyse détaillée de chaque composant

I.8.7. Madoué Florentine AKOUE-TOUSINOU (université de Monreal ; Novembre 2012) [18]

Dans l'ouvrage intitulée << *la formation continue par TICE des enseignants du secondaire au Bénin : réparation boîte de vitesses pilotée (bmp6)* >> Madoué Florentine AKOUE-TOUSINOU se donne le but de mettre sur pied un tutoriel pour faciliter la transmission et la maintenance des organes et système en mécanique automobile.

A. Matériels

- ✓ Un ordinateur;
- ✓ Maquettes de formation numérique ;
- ✓ Vidéos, images et t illustrations.

B. Méthodes

Afin de faciliter les interventions et la maintenance sur certains systèmes complexes tel que la boîte de vitesse automatique **AKOUE-TOUSINOU** se propose de mettre sur pied un tutoriel. Ce tutoriel qu'il produit en montrant de façon claire et ordonné les étapes à suivre pour diagnostiquer, déposer; démonter, réparer, remonter, reposer et essayer certains systèmes mécaniques. Ainsi Il oriente ses recherches dans la recherche des méthodes d'enseignement de formation professionnelle.

C. Objectifs pédagogiques

A l'issue des activités proposées, l'étudiant sera capable :

- ✓ Diagnostiquer des systèmes mécaniques (boîte de vitesse, embrayage, pont différent...).
- ✓ Déposer une boîte de vitesse;
- ✓ Démonter une boîte de vitesse;
- ✓ Contrôler, réparer, remplacer les organes défectueux;
- ✓ Remonter la boîte de vitesse;
- ✓ Reposer la boîte de vitesse dans le véhicule;
- ✓ Tester ou essayer la boîte si elle fonctions,
- ✓ Déterminer le couple de serrage de chaque boulon et écrou.

I.8.8. Analyse comparative des travaux existants sur les méthodes de transmission de connaissances

Tableau 1.5: analyse comparative des travaux existants sur les méthodes de transmission de connaissances

Auteurs et institutions	Matériels utilisés	Instruments de transmissions	Disponibilités	Coûts d'acquisitions	Observations
DIDAC BDH SARL - ZAC Croix Chartier	-Mécanisme d'embrayage (disque, plateau presseur; volant moteur...); - Pédale et avec câble; -Une instrumentation par capteur intègres; -L 'établie; -Peinture.	Banc didactique	Difficulté d'enseigner plusieurs élèves à la fois	Coût d'acquisition élevé	-Solution plus proche de la réalité mais; -moins disponible et plus couteux; -prix de revient élevé; - très encombrant
N. SALAME	-Une boîte de vitesse du véhicule de tourisme; -Une établie métallique ; -Commande de boîte de vitesses; -Embrayage; -Peinture ; -Une meule pour la coupe de la BV -Un volant jouant le rôle de la manivelle.	Banc didactique	Difficulté d'enseigner plusieurs élèves à la fois	Coûteux	

Etude conceptuelle et réalisation d'un didacticiel pour le fonctionnement et la maintenance des systèmes de transmission des véhicules utilitaires : cas d'un camion à trois essieux

PRODIDAC	<ul style="list-style-type: none"> -Pont différentiel; -Boite de vitesse; -Châssis ou bâtis; -Peinture; -Deux demies arbre de roue ou cardan; -Une manivelle pour faire tourner le mécanisme; -Boite de transfert et demi arbre de roue. 	Banc didactique	Difficulté d'enseigner plusieurs élèves à la fois	Coûteux	/
Karim YAKHOU	<ul style="list-style-type: none"> -Un ordinateur; -Des maquettes de formation numérique -Vidéos, images et illustrations. 	Didacticiel	Possibilité d'enseigner plusieurs élèves à la fois	Moins couteux	Solution plus proche de la réalité grâce à l'accumulation; <ul style="list-style-type: none"> -possibilité d'observer le déroulement des phénomènes physiques mis en évidence; -possibilités d'enseigner plusieurs élèves à la fois par par vidéo projecteur -très encombrant; -L'apprenant peut s'auto former
Madoué Florentine AKOUETE-HOUNSINO	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Un ordinateur; ✓ Des maquettes de formation numérique ✓ Vidéos, images et t illustrations. 	Tutoriel	Possibilité d'enseigner plusieurs élèves à la fois	Moins couteux	<ul style="list-style-type: none"> -Peut être utilisé par des centres de formation ainsi que les structure de maintenance; -l'apprenant peut s'auto former

Conclusion

Il était question pour nous dans cette partie de présenter les généralités sur les mots clés de notre thématique ; nous avons commencé par donner un bref aperçu de la classification des véhicules et des types d'essieux utilisés généralement en automobile. Par la suite nous avons présenté une généralité sur le système transmission tout en donnant le types, la fonction, le fonctionnement et les éléments constitutifs d'un système transmission automobile. Nous avons aussi faire un bref aperçu sur les didacticiels utiliser pour la transmission des connaissances tel que le didacticiel exerciceur donc baser sur les exercices, les didacticiels d'activités et les didacticiels des tâches. En fin nous avons faire une synthèse de certains travaux qui devraient nous renseigner sur l'état actuel des méthodes de transmission de connaissance utilisées en mécanique automobile plus précisément au niveau de la transmission automobile et les limites de chaque méthode. Il ressort que l'ensemble des études menées par nos prédécesseurs confirment l'importance de ce thème orienté dans le domaine de la transmission des connaissances. Nous avons tout de même constaté des faiblesses dans leur travaux en ce qui concerne les méthodes de transmission de connaissance malgré leurs brillants avantages. Suite à cette synthèse nous nous sommes décidés à adopter la technique de transmission par didacticiel du fait de sa légèreté et sa disponibilité, car la réalisation des maquettes de grande dimension et des bancs didactique (encombrant) n'a jamais été chose aisée surtout dans la mécanique des poids lourds. Dans la suite de notre travail, nous représenterons la conception d'une transmission d'un véhicule utilitaire cas d'un véhicule utilitaire.

Chapitre II : CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT DU SYSTEME DE TRANSMISSION A 03 ESSIEUX

Introduction

Ici, il sera question pour nous de dimensionner le système de transmission d'un camion à trois essieux, destiné aux applications sévères (transport des marchandises dans des zones difficilement accessible...). Tout d'abord nous allons procéder au choix d'un véhicule existant ainsi que ce paramètre, par la suite déterminer les paramètres de choix de notre système transmission et en fin déterminer le couple et la puissance transmis aux roues motrices.

II.1. CHOIX DES PARAMETRES DE NOTRE PROTOTYPE

Sur un véhicule existant nous allons relever les paramètres nécessaires pour notre dimensionnement.

Tableau 2.1 : choix du prototype et ses paramètres

Désignation	Caractéristique
Camion Mercedes-Benz	AROCS
Année de fabrication	2016
Domaine d'utilisation	Application sévère
Transmission mécanique	8x4
Pois à vide	16510 Kg
Poids en charge (max autorisé)	32 000 kg
Poids total remorqué	44 000 kg
Empâtement	3,9000 mm
Coefficient de résistance au roulement/ k_{rr}	0,008
Pneumatique	315/70 R 22,5
Pante	40°
Coefficient aérodynamique / C_x	0,8
Section frontale du véhicule/ S	8 m ²
Vitesse maximale/ Vmax :	80km/h
Coefficient de correction / K_p	0,95
Section frontale du véhicule/ s	8000000mm ²
Paramètres du moteur	

Type de moteur	OM 501LA.
Source d'énergie	Diesel
Nombre de cylindres/disposition	6 en V
Cylindrée totale/	11 946 cm ³
Rapport volumique	17.75 □
Course	150mm
Alésage	130mm
Puissance maximale du moteur/ N_{max}	300KW/ 408ch
Régime maximal de la puissance/ n_N	1800tr/min ⁻¹
Couple maximal du moteur/ M_{kmax}	2000Nm
Régime maximal du couple/ n_{Mkmax}	1080 tr/min ⁻¹
Paramètres de la route	
✓ Coefficient d'adhérence route bitumée : sèche (0.95) humide (0.8) ; ✓ Coefficient d'adhérence route sableuse : sèche (0.6) humide (0.5) ; ✓ Coefficient d'adhérence route argileuse : sèche (0.7) humide (0.3) ; ✓ Coefficient d'adhérence route verglacée : (0.1).	

II.1.1. Présentation de la courbe caractéristique du moteur OM 501 LA

Si dessous représente la courbe caractéristique de nos données par le constructeur.

Graphes caractéristiques :

Nm tr.mn ⁻¹	Pm kW	Cm N.m	Csp g.kW ⁻¹ .h ⁻¹
1000	190	1810	193
1080	226	2000	193
1100	230	1995	192
1200	250	1990	191
1300	268	1970	190
1360	278	1954	189
1400	284	1940	189
1500	297	1890	190
1600	298	1780	195
1700	299	1680	207
1800	300	1590	212
1900	293	1470	222
2000	266	1270	223

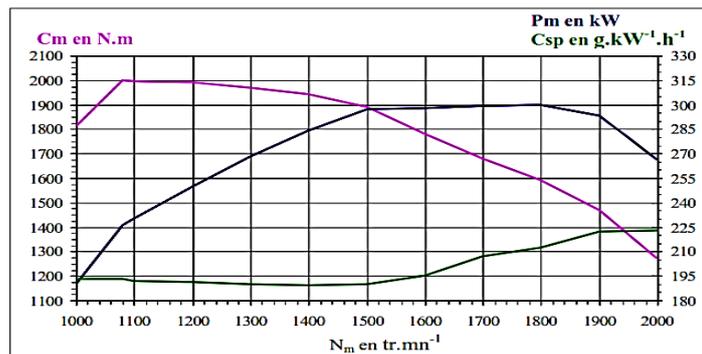


Figure 2.1 : courbe caractéristique du moteur OM 501 LA

II.1.2. Calcul des autres paramètres

a) Vitesse angulaire du moteur ω_m :

On sait que : $N_{max} = M_{kmax} \times \omega_m \Leftrightarrow \omega_m = \frac{N_{max}}{M_{kmax}}$

$$\text{AN : } \omega_m = \frac{300000}{2000} \rightarrow \boxed{\omega_m = 150 \text{ rad/S}}$$

b) Couple au régime nominal M_{Kn} correspondant au régime n_N

En fonction de la puissance et du régime nominale nous avons :

$$M_{Kn} = 9554 \frac{N_{max}}{n_N}$$

$$\text{AN : } M_{Kn} = 9554 \frac{300}{1800} \rightarrow \boxed{M_{Kn} = 1592,34 \text{ Nm}}$$

c) La réserve du couple

Trouvons la réserve du couple :

$$M_r = \left(\frac{M_{Kmax} - M_{Kn}}{M_{Kn}} \right) \cdot 100$$

AN : $M_r = \left(\frac{2000 - 1592,34}{1592,34} \right) \times 100 = 19,60 \rightarrow M_r = 19\% \in [10 \dots 20]$ d'où nous avons à faire à un moteur diesel suralimenté. L'utilisation des turbo compresseurs et des correcteurs augmente M_r et optimise la courbe $M_{\kappa} = f(n)$.

d) Coefficient d'adaptabilité par rapport au couple

$$K_m = \frac{M_{Kmax}}{M_{Kn}}$$

$$\text{AN : } K_m = \frac{2000}{1592,34} \rightarrow \boxed{K_m = 1,25}$$

e) Coefficient d'adaptabilité selon le régime

$$K_{\omega} = \frac{n_N}{n_{MKmax}}$$

$$K_{\omega} = \frac{1800}{1080} \rightarrow \boxed{K_{\omega} = 2,66}$$

Plus grand est K_{ω} , plus large sera le diapason de fonctionnement stable du moteur. L'expérience a montré qu'une augmentation (élévation) de K_{ω} pour une valeur donnée du régime n_N améliore l'économie de carburant de l'automobile.

II.1.3. Adaptation de la puissance aux conditions de roulage du véhicule

Le rôle de la chaîne d'énergie est de transmettre et d'adapter les paramètres de la puissance en fonction des besoins liés aux conditions de déplacement.

a) Force de traînée aérodynamique

Dans les conditions de déplacement au vent nul nous avons :

$$F_{aero} = \frac{1}{2} \times \rho_{air} \times S \times C_x \times V_{max}^2 \quad \text{Avec masse volumique de l'air } \rho_{air} = 1,169 \text{ Kg.m}^{-3}$$

$$\text{AN : } F_{aero} = \frac{1}{2} \times 8 \times 0,8 \times 250^2 \quad \rightarrow \quad \boxed{F_{aero} = 200000N}$$

b) Résultante des forces de résistance au roulement (de toutes les roues)

$$F_{rr} = m \times g \times \cos \alpha \times K_{rr} \quad \text{Avec } \alpha \text{ angle de la pente en degrés } \alpha = 0^\circ \text{ pour route droite}$$

$$\text{AN : } F_{rr} = 16510 \times 9,8 \times 1 \times 0,08 \quad \rightarrow \quad \boxed{F_{rr} = 1294,39N}$$

II.1.4. Expression de la puissance et du couple transmis aux roues motrices

Connaissant N_e et M_{kmax} on peut trouver la puissance et le couple transmis aux roues motrices (figure I-3).

(Moteur) N_e, M_{kmax} \longrightarrow N_r, M_{kr} (roue motrice)

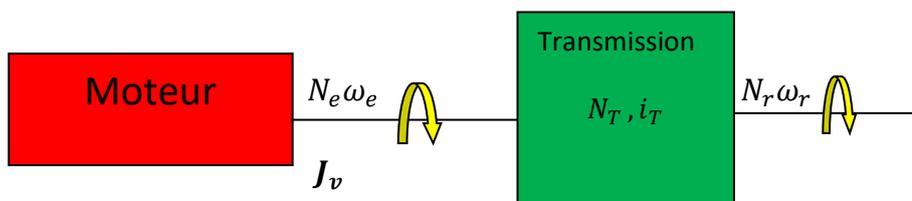


Figure 2.2 : illustration d'une chaîne de transmission entre le moteur et la transmission

Soient :

- N_e : puissance effective ;
- N_r : puissance aux roues motrices ;
- N_T : puissance perdue par frottement dans la transmission, pertes hydrauliques ;
- J_v : moment d'inertie du volant moteur ;
- $\omega_e = \omega_r \times i_T$: Vitesse de rotation du vilebrequin ;
- ω_r : Vitesse angulaire de la roue ;
- i_T : Rapport de transmission de toute la transmission.

D'après le théorème de l'énergie cinétique appliqué à la transmission, on a :

Avec : $E_c = \frac{1}{2} J_v \omega^2$, Energie cinétique du volant moteur

$$\Rightarrow N_r = N_e - N_t - J_v \omega_e \frac{d\omega_e}{dt}$$

Pour caractériser les pertes dans il est judicieux de se servir du rendement de la transmission. :

$$\eta_T = \frac{N_r}{N_r + N_t} = \eta_{BV} \cdot \eta_P \cdot \eta_{cardant} \quad \Rightarrow N_r = \left(N_e - J_v \omega_e \frac{d\omega_e}{dt} \right) \eta_T.$$

D'où le bilan de puissance :

$$N_r = \left[N_e - J_v \omega_r i_T \left(\frac{d\omega_r}{dt} \right) \right] \eta_T$$

Et par conséquent celui du couple :

$$M_{kr} = M_{Kmax} i_T \eta_T - J_v i_T \left(\frac{d\omega_r}{dt} \right)$$

Le couple aux roues motrice M_r ainsi trouvé est très nécessaire lors de la recherche de l'équation du mouvement de l'automobile. Cette équation s'obtient après une étude cinématique et dynamique de l'automobile.

a) Calcul du rayon libre de la roue

La désignation de notre pneumatique est 315/70 R 22,5, trouvons son rayon libre :

✓ Diamètre de la jante est :

$$D_j = 22,5 \times 25,4 \quad \text{Avec} \quad 1 \text{ pouce} = 25,4 \text{ mm} \quad D_j = 571,4 \text{ mm}$$

✓ La hauteur du pneu est : $h_p = 315 \times 70\% = 220,5 \text{ mm}$

D'où le rayon libre r_l est : $r_l = \frac{571,4 + (220,5 \times 2)}{2} \rightarrow \boxed{r_l = 0,5 \text{ m}}$

b) Calcul du rayon dynamique r_d :

C'est la hauteur du centre d'une roue fixe, chargée seulement par la force normale par rapport au sol.

$$V_{max} = \omega_m r_d \rightarrow r_d = \frac{V_{max}}{\omega_m}$$

$$\text{AN} : r_d = \frac{80}{150} \rightarrow \boxed{r_d = 0,54\text{m}}$$

c) Calcul du rayon cinématique r_k :

C'est le rapport entre la vitesse linéaire (coordonnée tangentielle) et la vitesse angulaire (ω_r) de la roue.

$r_k = \frac{v_k}{\omega_k}$ avec v_k : vitesse linéaire de la roue $v_k = V_{max}$ et ω_k : vitesse angulaire de la roue.

$$V_{max} = \omega_k \cdot r_d \rightarrow \omega_r = \frac{V_{max}}{r_d} = \frac{80}{0,54} = 148,15\text{rad/s}$$

$$\text{AN} : r_k = \frac{80}{148,15} \rightarrow \boxed{r_k = 0,53\text{m}}$$

II.2. CHOIX ET CALCUL DES PARAMETRES DU SYSTEME DE TRANSMISSION

a) Présentation de la chaîne cinématique de de la transmission

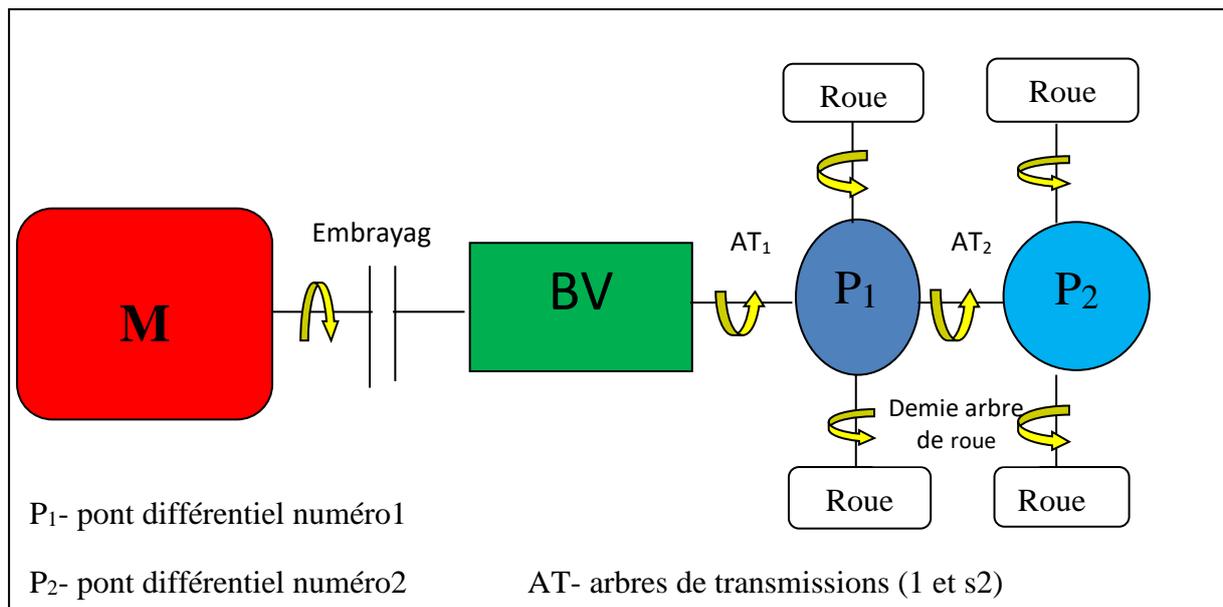


Figure 2.3: chaîne cinématique d'une transmission d'un véhicule a trois essieux

b) Dimensionnement d'un embrayage

L'embrayage, dans une chaîne de transmission de puissance, se situe entre l'organe moteur et l'organe récepteur. Il permet à un opérateur (commande extérieure) d'accoupler ou de séparer, progressivement ou non, les arbres respectivement solidaires du moteur et du récepteur.

c) Chaîne cinématique de l'embrayage

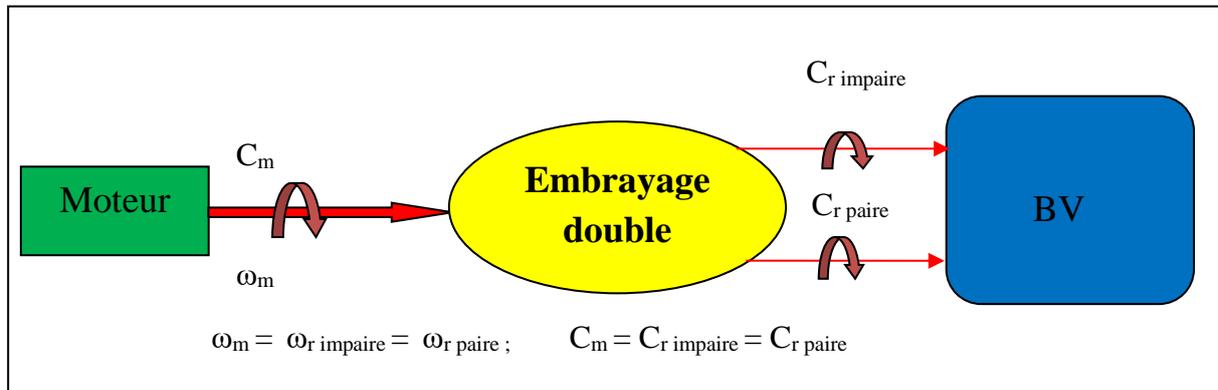


Figure 2.4 : Chaîne cinématique de l'embrayage

Le paramètre le plus important pour le choix d'un embrayage est le couple transmissible :

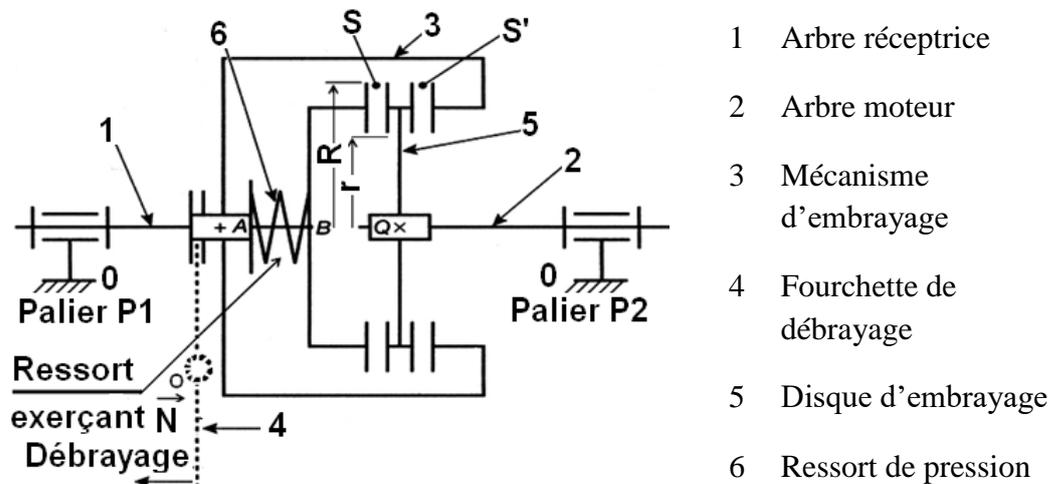


Figure 2.5 : schéma cinématique de l'embrayage

Le couple transmissible est :

$$c = n \times N \times f \times R_{moy}$$

$$\text{Avec } R_{moy} = \frac{2}{3} \times \frac{R^3 \times r^3}{R^2 \times r^2} ; (R_{moy} = \frac{R+r}{2} \text{ si } \frac{1}{4} < \frac{r}{R} < \frac{1}{3})$$

C : couple transmis par adhérence (N.m) ;

N : effort presseur (N) ;

$f = \text{tg } \varphi$: coefficient de frottement du disque ;

n : nombre de surface de contact des disques.

d) Choix de notre embrayage

Pour notre transmission nous avons opter d'un double embrayage dans les deux auront les mêmes caractéristiques. Le premier embrayage sera utilisé pour des vitesses impaires et le second utiliser pour les vitesses paires. Pour cela nous avons choisi le double embrayage du constructeur Volvo certifier par la norme EUROVI, et pour se performances et ses nombreux avantages :

- ✓ Une puissance constante sans interruption du couple et une accélération dynamique et souple
- ✓ Sont les principaux avantages que la boîte de vitesses automatisée I-Shift à double embrayage apportent à la conduite.
- ✓ Une accélération rapide grâce à laquelle vous pourrez suivre plus facilement le rythme du trafic.

Elle est disponible sur les moteurs D13K de 460, 500 et 540 ch. Pour cela nous choisissons l'embrayage correspondants aux caractéristiques de notre moteur OM 370 : celui utiliser par le moteur Volvo FH délivrant une puissance de 460ch et d'une capacité de transmission maximale de 2250 Nm. Equiper d'un disque avec garniture tissées sur acier aux fontes ayant pour coefficient de frottement an sec ente 0,3 à 0,6. (voir annexe)

- ✓ Désignation de type : CS43B-OR
- ✓ Type : Mono-disque, tiré
- ✓ Type de disque : Disque sec par embrayage
- ✓ Nombre de disques : 1/ embrayage
- ✓ Diamètre du disque : 430 mm
- ✓ Diamètre de l'amortisseur de disque : 254 mm
- ✓ Surface de friction totale du disque : 1842 cm²
- ✓ Poids, disque compris : 51 kg

II.2.1. Détermination du rapport de transmission du ponts i_p

On obtient ce rapport à partir des conditions de déplacement a V_{max} au rapport supérieur de la boîte de vitesse.

On sait que :

$i_{TS} = i_{BVS} \times i_p$; comme nous avons à faire à un poids lourd avec boîte de vitesse à 08 rapport

$$i_{BVS} = \frac{0,9}{8} = 0,1125 \rightarrow i_{TS} = 1,125 \times i_p \text{ donc } i_p = \frac{i_{TS}}{0,1125}$$

$$i_p = \frac{0,105 \times r_k \times n_v}{1,125 \times i_{BVC} \times V_{max}} \quad \text{Avec} \quad n_{Mmax} < n_v < n_N$$

$$\text{AN : } i_p = \frac{0,105 \times 0,54 \times 1400}{0,1125 \times 1 \times 80} \rightarrow i_{p1} = 8,82 < 9, \text{ nous avons à faire à un poids lourd } > 8t$$

II.2.2. Choix du nombre de rapport et des rapports de transmission de la boîte de vitesse

a) Détermination du rapport premier vitesse i_{BV1}

$$i_{BV1} = \frac{G_a \times \psi_{max} \times r_d}{M_{kmax} \times i_{BVC} \times i_{p1} \times \eta_T \times K_p} \text{ or } \psi_{max} = k_{rr} \cos \alpha + \sin \alpha$$

$$\psi_{max} = 0,008 \cos 40^\circ + \sin 40^\circ = 0,64 \rightarrow \psi_{max} = 0,64$$

$$\text{AN : } i_{BV1} = \frac{44000 \times 9,81 \times 0,64 \times 0,54}{2000 \times 1 \times 8,82 \times 0,90 \times 0,95} \rightarrow i_{BV1} = 9,22$$

b) L'expression de vérification de la condition de non patinage

Etant donné que nous avons une transmission 6x4 donc à traction nous allons vérifier au niveau des deux ponts arrière :

$$i_{BV1} \leq \frac{G_2 \times \varphi_x \times r_d}{M_{kmax} \times i_{p12} \times K_p} \times \frac{L}{L - h_g \times \varphi_x}$$

c) Détermination du nombre de rapport de la boîte de vitesse

Le nombre de rapport de la boîte de vitesse n'est d'autre que le produit des rapports de la boîte de vitesse et des deux ponts qui dépend du diapason 'd', des rapports de transmission qui est le nombre égale aux rapports entre les produit inférieur de transmission dans tous ces mécanismes et le produit des rapport supérieurs de transmission tel que :

$$d = \frac{i_{BV1} \times i_{p12}}{i_{BVS} \times i_{p12}} \text{ D'où on aura } d = \frac{i_{BV1}}{i_{BVS}} \text{ Avec } i_{BVS} = 1$$

$$\text{AN : } d = \frac{9,22}{1} \rightarrow d = 9,22 \in [8 - 10] \text{ qui correspond à une boîte de vitesse à } n=08 \text{ rapports.}$$

d) Détermination des rapports intermédiaire de la boîte de vitesse

Soit m et $m^{i\text{eme}}$ rapport intermédiaire on a :

$${}^{n-i}\sqrt{i_{bv_1}^{n-m} \times i_{bvs}^{m-1}} \quad \text{Avec} \begin{cases} i_{bvs} = 1 \\ i = 1 \\ n = 8 \end{cases}$$

e) Rapport de la 2^{eme} vitesse

$$i_{bv_2} = {}^{8-1}\sqrt{i_{bv_1}^{8-2} \times i_{bvs}^{2-1}} = {}^7\sqrt{i_{bv_1}^6 \times i_{bvs}^1} = {}^7\sqrt{i_{bv_1}^6}$$

$$\text{AN : } i_{bv_2} = {}^7\sqrt{(9,22)^6} \rightarrow \boxed{i_{bv_2} = 6,71}$$

f) Rapport de la 3^{eme} vitesse

$$i_{bv_3} = {}^{8-1}\sqrt{i_{bv_1}^{8-3} \times i_{bvs}^{3-1}} = {}^7\sqrt{i_{bv_1}^5 \times i_{bvs}^2} = {}^7\sqrt{i_{bv_1}^5}$$

$$\text{AN : } i_{bv_3} = {}^7\sqrt{(9,22)^5} \rightarrow \boxed{i_{bv_3} = 4,88}$$

g) Rapport de la 4^{eme} vitesse

$$i_{bv_4} = {}^{8-1}\sqrt{i_{bv_1}^{8-4} \times i_{bvs}^{4-1}} = {}^7\sqrt{i_{bv_1}^4 \times i_{bvs}^3} = {}^7\sqrt{i_{bv_1}^4}$$

$$\text{AN : } i_{bv_4} = {}^7\sqrt{(9,22)^4} \rightarrow \boxed{i_{bv_4} = 3,55}$$

h) Rapport de la 5^{eme} vitesse

$$i_{bv_5} = {}^{8-1}\sqrt{i_{bv_1}^{8-5} \times i_{bvs}^{5-1}} = {}^7\sqrt{i_{bv_1}^3 \times i_{bvs}^4} = {}^7\sqrt{i_{bv_1}^3}$$

$$\text{AN : } i_{bv_5} = {}^7\sqrt{(9,22)^3} \rightarrow \boxed{i_{bv_5} = 2,59}$$

i) Rapport de la 6^{eme} vitesse

$$i_{bv_6} = {}^{8-1}\sqrt{i_{bv_1}^{8-6} \times i_{bvs}^{6-1}} = {}^7\sqrt{i_{bv_1}^2 \times i_{bvs}^5} = {}^7\sqrt{i_{bv_1}^2}$$

$$\text{AN : } i_{bv_6} = {}^7\sqrt{(9,22)^2} \rightarrow \boxed{i_{bv_6} = 1,88}$$

j) Rapport de la 7^{eme} vitesse

$$i_{bv_7} = {}^{8-1}\sqrt{i_{bv_1}^{8-7} \times i_{bvs}^{7-1}} = {}^7\sqrt{i_{bv_1}^1 \times i_{bvs}^6} = {}^7\sqrt{i_{bv_1}^1}$$

$$\text{AN : } i_{bv_7} = \sqrt[7]{(9,22)^1} \rightarrow \boxed{i_{bv_7} = 1,37}$$

k) Rapport de la 8^{eme} vitesse

$$i_{bv_8} = {}^{8-1}\sqrt{i_{bv_1}^{8-8} \times i_{bvs}^{8-1}} = {}^7\sqrt{i_{bv_1}^0 \times i_{bvs}^7} = {}^7\sqrt{i_{bv_1}^0}$$

$$\text{AN : } i_{bv_8} = \sqrt[7]{(9,22)^0} \rightarrow \boxed{i_{bv_8} = 1}$$

D'où $i_{bv_1} > i_{bv_2} > i_{bv_3} > i_{bv_4} > i_{bv_5} > i_{bv_6} > i_{bv_7} > i_{bv_8}$

II.2.3. Calcul de la puissance, couple, vitesse angulaire et de la vitesse linéaire de la roue en premier vitesse.

Cas de la première vitesse :

Nous avons :

$i_{bv_1} = 9,22$, rapport de transmission première vitesse ;

$85 < \eta_{bv} < 98$, rendement de la boite de vitesse ;

$N_{max} = 300000W$, puissance maximale moteur ;

$M_{Kmax} = 2000N.m$, couple maximal du moteur ;

$\omega_m = 150rad/S$, vitesse angulaire du moteur.

Il est annoté que la transmission au niveau de l'embrayage se fait sans glissement donc le rendement $\eta_{emb} = 1$

a) Puissance, couple, vitesse angulaire à la sortie de la boite de vitesse lorsqu'on engage la première vitesse

✓ Déterminons ω_{sbv} et M_{Kbvmax}

On sait que : $N_{bvmax} = \eta_{bv} \times N_{max} = M_{Kbvmax} \times \omega_{sbv} = \eta_{bv} \times \omega_m \times M_{Kmax}$ et $i_{bv_1} = \frac{\omega_{sbv}}{\omega_m}$

✓ Déterminons la vitesse angulaire de l'arbre de sortie de la boite de vitesse ω_{sbv}

$$i_{bv_1} = \frac{\omega_{sbv}}{\omega_m} \rightarrow \omega_{sbv} = i_{bv_1} \times \omega_m$$

$$\boxed{\omega_{sbv} = 1380rad/s}$$

$$AN : \omega_{sbv} = 9,22 \times 150 \rightarrow$$

✓ Déterminons le couple de l'arbre de sortie de la boîte de vitesse M_{Kbvmax}

$$i_{bv1} = \frac{\omega_{sbv}}{\omega_m} = \eta_{bv} \frac{M_{Kmax}}{M_{Kbvmax}} \rightarrow M_{Kbvmax} = \frac{\omega_m \times \eta_{bv} \times M_{Kmax}}{\omega_{sbv}}$$

$$AN : M_{Kbvmax} = \frac{150 \times 0,97 \times 2000}{1383} \rightarrow \boxed{M_{Kbvmax} = 210,5 N.m}$$

✓ Déterminons la puissance de l'arbre de sortie de la boîte de vitesse N_{max}

$$N_{bvmax} = \eta_{bv} \times N_{max}$$

$$AN : N_{bvmax} = 0,97 \times 300000 \rightarrow \boxed{N_{bvmax} = 291000W = 291KW}$$

b) Puissance, couple, vitesse angulaire à la sortie du premier pont lorsqu'on engage la première vitesse

Nous avons :

$$i_{p1} = 8,22, \text{ rapport de transmission première vitesse ;}$$

$$85 < \eta_{p1} < 97, \text{ rendement du premier pont ;}$$

$$N_{p1max} = 291000W = 291KW, \text{ puissance maximale de l'arbre de BV ;}$$

$$M_{Kp1max} = 210,5 N.m, \text{ couple maximal de l'arbre de BV ;}$$

$$\omega_{sp1} = 1380 rad/s, \text{ vitesse angulaire de l'arbre de BV.}$$

✓ Déterminons ω_{sp1} et M_{Kp1max}

On sait que : $N_{p1max} = \eta_{p1} \times N_{bvmax} = M_{Kp1max} \times \omega_{sp1} = \eta_{p1} \times \omega_{sbv} \times M_{Kbvmax}$ et

$$i_{p1} = \frac{\omega_{sp1}}{\omega_{sbv}}$$

✓ Déterminons la vitesse angulaire de l'arbre de sortir du premier pont ω_{sp1}

$$i_{bv1} = \frac{\omega_{sbv}}{\omega_m} \rightarrow \omega_{sp1} = i_{p1} \times \omega_{sbv}$$

$$AN : \omega_{sp1} = 8,82 \times 1383 \rightarrow \boxed{\omega_{sp1} = 12198,06 rad}$$

✓ Déterminons le couple de l'arbre de sortie du premier pont M_{Kp1max}

$$i_{p1} = \frac{\omega_{sp1}}{\omega_{sbv}} = \eta_{p1} \frac{M_{Kbvmax}}{M_{Kp1max}} \rightarrow M_{Kp1max} = \frac{\omega_{sbv} \times \eta_{p1} \times M_{Kbvmax}}{\omega_{sp1}}$$

$$AN : M_{Kp1max} = \frac{1383 \times 0,97 \times 210,5}{12198,06} \rightarrow \boxed{M_{Kp1max} = 23,15 N.m}$$

✓ Déterminons la puissance de l'arbre de sortie du premier pont N_{p1max}

$$N_{p1max} = \eta_{p1} \times N_{bvmax}$$

$$AN : N_{p1max} = 0,97 \times 291000 \rightarrow \boxed{N_{p1max} = 282270W = 282,270KW}$$

c) Puissance, couple, vitesse angulaire au niveau de la roue de l'essieu du premier pont lorsqu'on engage la première vitesse

• **Déterminons la vitesse linéaire de la roue v_k**

Pour un régime du moteur donné ($n=4500tr/min$) nous avons :

✓ Déterminons le régime à la sortie de la boîte de vitesse n_{bv1}

$$n_{bv1} = \frac{n}{i_{bv1}}, \quad AN: n_{bv1} = \frac{4500}{9,22} \rightarrow n_{bv1} = 488,06t_r/min$$

✓ Déterminons le régime à la sortie du pont n_{p1}

$$n_{p1} = \frac{n_{bv1}}{i_{p1}}, \quad AN: n_{p1} = \frac{488,06}{8,82} \rightarrow n_{p1} = 55,34t_r/min$$

✓ Déterminons la circonférence de la roue C

$$C = \pi D_D \rightarrow C = \pi \times 2(r_d), \quad AN : C = 3,14 \times 1,06 = 3,33m$$

✓ Déterminons le régime au niveau de la roue motrice n_r

$$n_r = n_{p1} \times C \rightarrow n_r = 55,34 \times 3,33 = 184,20m/mim$$

$$D'où $v_k = n_r \times \frac{60}{1000}$ $AN: v_k = 184,20 \times 0,06 \rightarrow \boxed{v_k = 11,06Km/h}$$$

• **Déterminons la vitesse angulaire de la roue**

$$v_k = r_d \times \omega_r \rightarrow \omega_r = \frac{v_k}{r_d}$$

AN : $\omega_r = \frac{11,06}{0,53}$ d'où $\omega_r = 20,89 \text{ rad/s}$

- Déterminons le couple au niveau de la roue M_{Krmax}

$$\frac{\omega_{r1}}{\omega_{p1}} = \eta \frac{M_{kp1man}}{M_{Krmax}} \rightarrow M_{Krmax} = \frac{\omega_{p1} \times \eta \times M_{kp1man}}{\omega_{r1}}$$

AN : $M_{Krmax} = \frac{12198,06 \times 1 \times 23,15}{20,89} \rightarrow$ $M_{Krmax} = 13517,72 \text{ N.m}$

- Déterminons la puissance au niveau de la roue motrice N_{rmax}

$$M_{Krmax} = \omega_r \times M_{Krmax}$$

AN : $M_{Krmax} = 20,89 \times 13517,72 \rightarrow$ $M_{Krmax} = 282385.18 \text{ W} = 282,38518 \text{ kW}$

II.3. CHOIX ET CALCULS DES PARAMETRES DE DENTURE

a) Choix des paramètres de denture au taillage

- ✓ Module normalisé $m = 3$;
- ✓ Angle de pression normalisé $\alpha = 20^\circ$;
- ✓ Le nombre de denture pour le première pignon $Z_1 = 100$;
- ✓ Deport de l'engrainage $X_1 = 1,25$. $X_2 = -1$

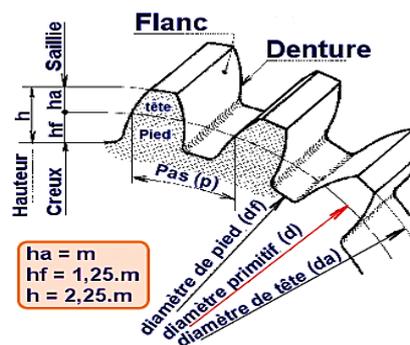


Figure 2.6 : profil de denture d'un pignon

b) Détermination des paramètres de taillage

- Pas primitif

$P = \pi m$; AN: $P = \pi \times$ \rightarrow $P = 9,43$

- **Pas de base**

$$P_b = P \cos \alpha ; \quad \text{AN: } P_b = 9,43 \cos 20 \rightarrow P_b = 8,85$$

- **Nombre de dents**

$$i_{bv1} = \frac{Z_1}{Z_2}; \rightarrow Z_2 = \frac{Z_1}{i_{bv1}} = \frac{100}{9,22} \rightarrow Z_2 = 12$$

- **Diamètre primitif de taillage des dents**

$$d_1 = mZ_1 \quad \text{AN: } d_1 = 3 \times 100 \rightarrow d_1 = 300\text{mm}$$

$$d_2 = mZ_2 \quad \text{AN: } d_2 = 3 \times 12 \rightarrow d_2 = 36\text{mm}$$

- **Diamètre de base**

$$d_{b1} = d_1 \cos \alpha \quad \text{AN: } d_{b1} = 300 \cos 20 \rightarrow d_{b1} = 281,9\text{mm}$$

$$d_{b2} = d_2 \cos \alpha \quad \text{AN: } d_{b2} = 36 \cos 20 \rightarrow d_{b2} = 33,85\text{mm}$$

- **Diamètre de pied**

$$d_{f1} = d_1 - 2m \quad \text{AN: } d_{f1} = 300 - 6 \rightarrow d_{f1} = 294\text{mm}$$

$$d_{f2} = d_2 - 2m \quad \text{AN: } d_{f2} = 36 - 6 \rightarrow d_{f1} = 30\text{mm}$$

- **Diamètre de tête**

$$d_{a1} = d_1 + 2mX_1(1 + X_1) \quad \text{AN: } d_{a1} = 300 + 6 \times 1,4 (1 + 1,4) \rightarrow d_{a1} = 320,16\text{mm}$$

$$d_{a2} = d_2 + 2mX_2(1 + X_2) \quad \text{AN: } d_{a2} = 36 + 6 \times (-1) (1 - 1) \rightarrow d_{a2} = 36\text{mm}$$

- **Epaisseur curviligne au cercle primitif de taillage**

$$S_{O1} = \frac{\pi}{2} m + 2mX_1 \tan \alpha \quad \text{AN: } S_{O1} = \frac{\pi}{2} 3 + 6 \times 1,4 \tan 20 \rightarrow S_{O1} = 7,76\text{mm}$$

$$S_{O2} = \frac{\pi}{2} m + 2mX_2 \tan \alpha \quad \text{AN: } S_{O1} = \frac{\pi}{2} 3 + 6 \times (-1 \tan 20) \rightarrow S_{O2} = 2,25\text{mm}$$

- **Angle de pression sur tête**

$$\alpha_{ra1} = \arccos\left(\frac{d_{b1}}{d_{a1}}\right) \quad \text{AN: } \alpha_{ra1} = \arccos\left(\frac{281,9}{320,16}\right) \rightarrow \alpha_{ra1} = 28,3^\circ$$

$$\alpha_{ra2} = \arccos\left(\frac{d_{b2}}{d_{a2}}\right) \quad \text{AN: } \alpha_{ra1} = \arccos\left(\frac{33,85}{36}\right) \rightarrow \alpha_{ra2} = 19,9^\circ$$

- **Entraxe entre les pignons**

$$a = \frac{d_1 + d_2}{2} \quad \text{AN: } a = \frac{300 + 36}{2} \rightarrow a = 31$$

II.4. EXPRESSION DU MOMENT D'INERTIE DE L'ARBRE DE TRANSMISSION

Supposons le rendement global égal à 1.



Figure 2.3 : chaîne cinématique arbre de transmission

C_m : Couple moteur exercé sur l'arbre d'entrée 1.

C_r : Couple résistant exercé sur l'arbre de sortie 2.

J_1 : Moment d'inertie de l'ensemble lié à l'arbre d'entrée 1.

J_2 : Moment d'inertie de l'ensemble lié à l'arbre de sortie 2.

Ω_1 : Accélération angulaire de l'arbre d'entrée 1.

Ω_2 : Accélération angulaire de l'arbre de sortie 2.

- **PFD appliqué à l'arbre d'entrée 1 :**

$$C_m - d_1 \cdot F = J_1 \cdot \Omega_1$$

- **PFD appliqué à l'arbre de sortie 2 :**

$$d_2 \cdot F - C_r = J_2 \cdot \Omega_2$$

- **De ces relations on déduit :**

$$C_m - r \cdot C_r = (J_1 + r^2 \cdot J_2) \cdot \Omega_1 \quad \text{d'où}$$

$$C_{r \text{ éq.}} = r \cdot C_r$$

$$J_{\text{éq.}} = J_1 + r^2 \cdot J_2$$

- **Couple résistant équivalent ramené à l'arbre moteur**

Le rendement global est, en fait, assez rarement proche de 1. Si on se place en régime permanent, toutes les accélérations sont nulles. Le couple résistant équivalent ramené à l'arbre moteur est alors égal au couple moteur.

$$C_{r \text{ éq.}} = C_m = \frac{P_a}{\omega_m} = \frac{P_u}{\eta \cdot \omega_m}$$

$C_{r \text{ éq.}}$: Couple résistant équivalent ramené à l'arbre moteur.

C_m : Couple moteur en régime permanent.

P_a : Puissance mécanique sur l'arbre du moteur en régime permanent.

ω_m : Vitesse angulaire du moteur en régime permanent.

P_u : Puissance utile nécessaire au fonctionnement du système en régime permanent.

η : Rendement global du système.

- **Moment d'inertie équivalent ramené à l'arbre moteur**

Le moment d'inertie équivalent ramené à l'arbre moteur se calcule en recherchant l'énergie cinétique totale du système étudié, c'est à dire en additionnant les énergies cinétiques de tous les éléments constituant le système. Ces énergies cinétiques sont déterminées en fonction de la vitesse angulaire du moteur.

$$r = \frac{\omega_2}{\omega_1} \Rightarrow \omega_2^2 = r^2 \cdot \omega_1^2$$

$$Ec = Ec_1 + Ec_2 \Rightarrow$$

$$\frac{1}{2} \cdot J_{\text{éq.}} \cdot \omega_1^2 = \frac{1}{2} \cdot J_1 \cdot \omega_1^2 + \frac{1}{2} \cdot J_2 \cdot \omega_2^2 = \frac{1}{2} \cdot J_1 \cdot \omega_1^2 + \frac{1}{2} \cdot J_2 \cdot r^2 \cdot \omega_1^2$$

On en déduit :

$$J_{\text{éq.}} = J_1 + r^2 \cdot J_2$$

Conclusion

Il a été question pour nous de dimensionner le système de transmission d'un camion à trois essieux. Pour cela nous avons eu à choisir un véhicule existant ainsi que ses caractéristiques dimensionnelles et moteur. Pour pouvoir réduire la consommation tout en maintenant le couple et la puissance constante au niveau de la transmission, nous avons opter pour l'utilisation d'un double embrayage initié par le constructeur Volvo et certifier par la norme euro 6. Par la suite nous avons par calcul déterminer le couple, puissance et vitesse à la sortie de notre BV, du pont jusqu'aux roues motrices. En fin nous avons eu à illustrer le calcul et le profil de denture des pignons d'engrainement. Pour poursuivre notre travail, le prochain chapitre sera basé sur la conception et à la réalisation d'un didacticiel pour la transmission de connaissance au niveau de notre système transmission automobile.

Chapitre III : CONCEPTION ET REALISATION DU DIDACTICIEL DE FORMATION

Introduction

Ici, il sera question premièrement de présenter les étapes d'élaboration d'un didacticiel d'une manière générale et par la suite de décrire de façon claire et précis le processus d'analyse, de conception, de réalisation et en fin d'évaluation de notre didacticiel. IL sera destiné à l'enseignement et à la transmission des connaissances dans le domaine de la mécanique automobile plus précisément dans le système de transmission automobile (embrayage, BV, arbre de transmission, pont différentiel jusqu'aux roues).

III.1. Étapes de l'élaboration d'un didacticiel

En première approximation, les différentes étapes peuvent être regroupées en quatre grandes catégories ou phases.

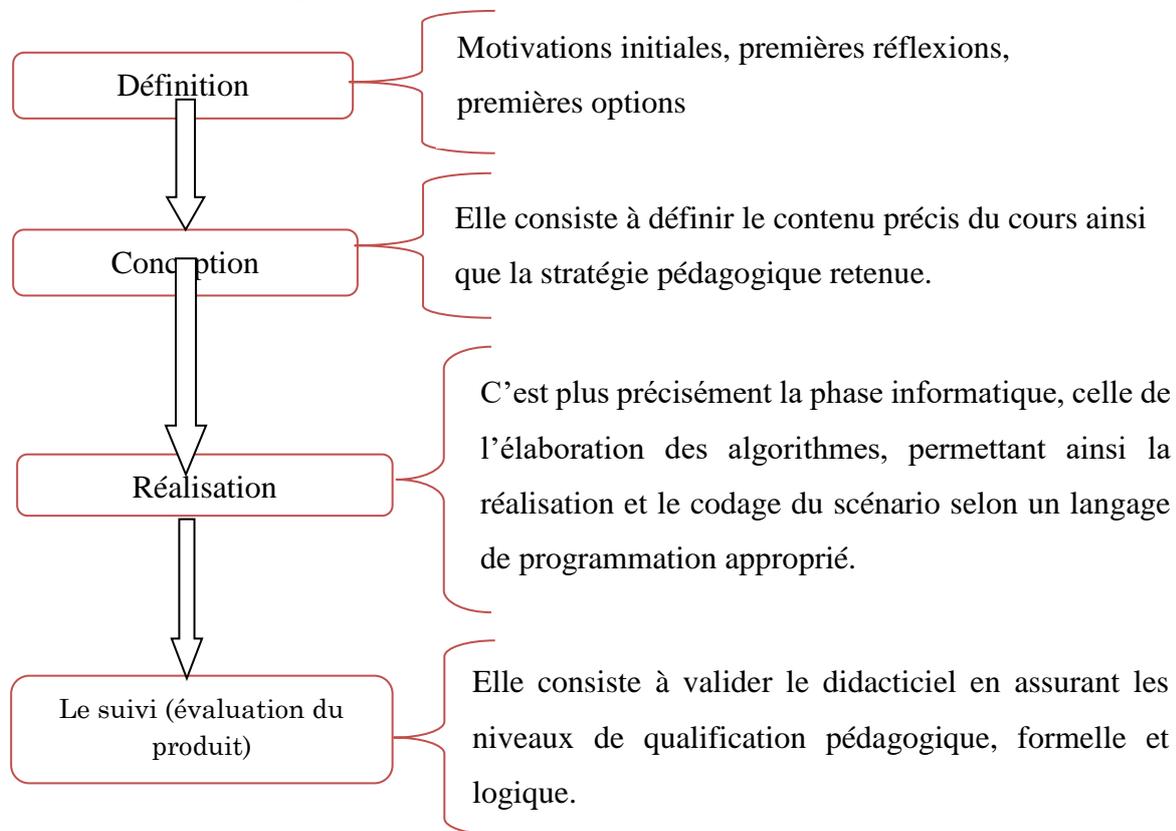


Figure 3.1 : processus d'élaboration d'un didacticiel

a) Définition

L'idée maitresse dans la production de cet outil est fondée sur le principe selon lequel c'est l'élève qui se trouve au cœur de l'action éducative en tant que personne ayant droit à la formation digne d'un être libre, indépendant et en quête de savoir. L'élève qui, sans être forcé à subir de connaissances, même indispensables, doit se sentir constamment confronté à des situations qui l'incitent à savoir plus. De ce fait, l'on voudrait que cet outil technologique soit

réellement au service de l'enseignant, qui au lieu de demeurer détenteur du savoir, devient plutôt l'animateur de la classe ; il la guide dans le choix des orientations, maintient son intérêt, active sa recherche et formule tout en indiquant les champs d'application.

b) Sujet

• Choix du domaine

Notre didacticiel sera utilisé dans les domaines tel que :

- ✓ Discipline d'enseignement.
- ✓ Domaine autre que les disciplines d'enseignement (centre de formation professionnelle et dans les structures de maintenances).
- Intérêt du didacticiel**
- ✓ L'assimilation du cours sur le système transmission automobile est plus grande à travers le didacticiel en tant que dispositif d'Enseignement Assisté par Ordinateur (EAO) ;
- ✓ Le didacticiel est une aide précieuse à l'apprentissage, surtout dans sa fonction d'exerciseur ;
- ✓ Le didacticiel répond aux critères requis pour être considéré comme un outil adapté pour l'enseignement-apprentissage de la mécanique automobile.
- Intérêt du sujet**

Cette étude vise un triple intérêt à savoir :

✓ Sur le plan de la politique nationale de promotion des TICE

Cette étude contribuera à la concrétisation des stratégies proposées pour l'intégration de ces technologies dans le système éducatif camerounais. Elle influence de manière de manière très positive sur la qualité du processus enseignement-apprentissage afin de préparer les élèves du monde d'aujourd'hui et, encore davantage, a celui du demain.

✓ Sur le plan didactique

La didactique de transmission du camion vient compléter la panoplie existant des aides didactiques et peut être une occasion de repenser, de rénover et d'améliorer l'enseignement de la mécanique dans notre pays.

✓ Sur le plan pédagogique

La mission du didacticiel est d'initier les apprenants à la démarche scientifique et permet aux apprenants de construire leurs savoirs, acquérir les habilités intellectuelles et de développer les compétences disciplinaires.

• Choix de la population cible

Ce didacticiel est conçu principalement pour les apprenants en mécanique automobile de poids lourds du lycée, dans les centres de formation professionnelle, aux étudiants des instituts universitaires et a des structures de maintenance des poids lourds.

- **Caractéristique du public cible**

Ces élèves et apprenants, en majorité jeunes, constituent un public hétérogène quant à l'analphabétisme informatique. Certains d'entre eux qui étudient en ville devanceront ceux de l'intérieur du pays en ce qui concerne l'utilisation des ordinateurs. Cependant, il faut noter que même parmi les élèves citadins, il y a disparités selon les écoles de provenance. Nous observons de plus en plus un engouement de la part des jeunes à l'égard de l'ordinateur et de jeux vidéo. Nous sommes d'avis de ceux qui pensent que si les jeunes sont intéressés à l'idée d'utiliser l'ordinateur pour se divertir, il en sera ainsi si on leur offre d'apprendre à l'aide de cette même technologie. En général, on remarque que les TIC suscitent un intérêt spontané chez les jeunes (utilisation des options variées sur le téléphone, usage d'iPhone, d'iPod...).

III.2. CONCEPTION DU DIDACTICIEL

Ici nous présenterons les différentes étapes suivies pour la réalisation de notre didacticiel. De façon générale, le processus de conception nécessite la participation de plusieurs personnes et peut être décomposé en plusieurs étapes.

a) conception pédagogique

❖ Phase d'analyse

Cette phase comporte quatre étapes :

- **Les fonctions du didacticiel**

Comme nous l'avons souligné ci-haut, l'objectif principal de la création de ce didacticiel est de permettre un meilleur apprentissage de la mécanique automobile en favorisant la participation active de l'apprenant dans la construction de ses propres connaissances et compétences.

Notre didacticiel possède deux caractéristiques : le tutoriel et l'exerciseur, considérés comme des outils pédagogiques efficaces dans l'enseignement et l'apprentissage. Le tutoriel présente l'ensemble des connaissances à acquérir par l'élève tandis que l'exerciseur est un instrument d'évaluation formative ou d'auto-évaluation permettant aux élèves de faire le point sur leurs acquisitions de savoirs et savoir-faire.

Ces deux fonctions du didacticiel viennent décharger l'enseignant de son rôle de répétiteur et de précepteur. Ainsi soulagé d'aspects répétitifs ou fastidieux de sa tâche, il retrouvera certainement du temps pour les remédiations et rattrapages qui en constituent un pôle important et pour lequel il est irremplaçable. Même si l'enseignant est absent du moment où l'apprenant se trouve occupé avec le didacticiel, c'est lui qui décide, organise et gère l'accès des apprenants à ce type de produit ; il devient alors, de manière modeste sans-doute, gestionnaire d'apprentissage chez l'un ou l'autre élève. La figure ci-dessous montre la place de l'ordinateur comme facilitateur du processus d'apprentissage.

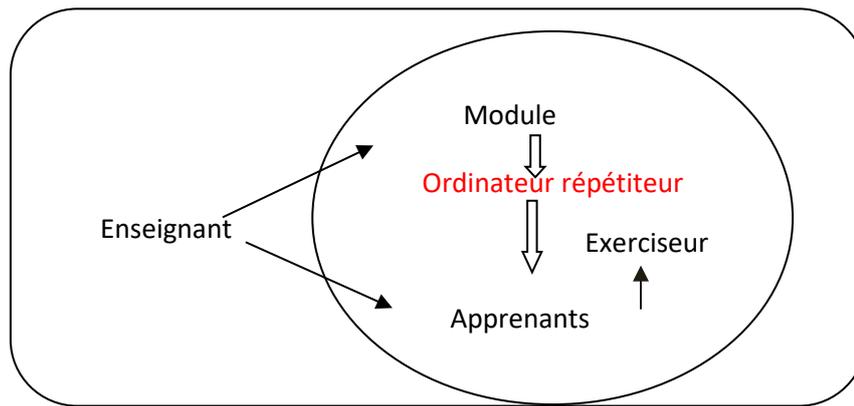


Figure 3.2 : Ordinateur, auxiliaire d'enseignement

- **Le profil du public cible**

Ce didacticiel ne peut se passer de la considération de son premier « client », l'apprenant. Le profil du public cible contient ses caractéristiques administratives et pédagogiques (niveau, population, etc.). Ce didacticiel est conçu principalement pour les **apprenants de la mécanique automobile plus précisément dans le domaine du poids lourd**. Toutefois, les apprenants d'autres sections telles que les centres de formation et structures de maintenances peuvent également s'y intéresser.

Ces élèves, en majorité jeunes, constituent un public hétérogène quant à l'alphabétisation informatique. Certains d'entre eux qui étudient en ville devanceraient ceux de l'intérieur du pays en ce qui concerne l'utilisation de l'ordinateur. Cependant, il faut noter que même parmi les élèves citadins, il y a des disparités selon les écoles de provenance. Nous observons de plus en plus un engouement de la part des jeunes à l'égard de l'ordinateur et des jeux vidéo. Nous sommes d'avis de ceux qui pensent que si les jeunes sont si intéressés à l'idée d'utiliser l'ordinateur pour se divertir, il en sera ainsi si on leur offre d'apprendre à l'aide de cette même technologie.

- **L'identification et la description des ressources**

Nous avons opté comme pour le calcul de dimensionnement de la transmission effectué plus haut et les manuels de mécanique automobile télécharger à l'internet ainsi que les vidéos et images qui nous ont permis d'élaborer notre didacticiel. La forme ergonomique rend l'apprentissage aisé et attrayant.

- **L'étude pédagogique et didactique**

La mécanique automobile est un domaine qui associe étroitement la théorie et la pratique. Mais les conditions actuelles l'ont rendu purement théorique et indigeste à cause de l'absence et/ou des équipements dans des ateliers de mécanique.

L'Objectif Terminal d'Intégration (O.T.I.) de l'enseignement de la mécanique automobile est défini comme suit : à partir d'une situation vécue (situation - problème) qui met en évidence les phénomènes mécaniques ainsi que les différents problèmes liés à ce domaine, un élève ou apprenant de la mécanique automobile devra être capable de (identifier, observer, analyser, proposer des solutions, réparer, décrire le fonctionnement, diagnostiquer expérimental, interpréter et tirer une conclusion).

La restructuration des filières dans le domaine de la mécanique automobile dans nos lycées technique et centres de formations a conduit à l'ajout des nouvelles matières telles que la **MVPL (la maintenance des véhicules de poids lourd)**, avec comme conséquence l'obligation de créer les ateliers de la mécanique des poids lourds qui nécessite de l'espace et de la mise en œuvre des moyens financière. Notre didacticiel nous permettra aussi d'adapter, en absence des ateliers l'enseignement apprentissage de la mécanique dans un contexte aussi proche de la réalité faute de nos ateliers moins équipés ou n'existant même pas.

En substance, le didacticiel de mécanique automobile souhaité devrait soutenir (compléter et suppléer) les cours en présentiel sans les remplacer, illustrer les notions enseignées et stimuler chez l'apprenant le sens pratique, favoriser la libre exploration et exploitation de la matière, aider l'élève à réfléchir sur son apprentissage, lui offrir de nombreux exercices d'auto-évaluation et l'inciter à l'**autonomie**. Cela suppose créer un support pédagogique davantage centré sur l'apprenant et ses activités d'apprentissage.

c) Phase de conception

La phase de conception englobe trois étapes : la définition des objectifs d'apprentissage, l'architecture du didacticiel et la scénarisation des apprentissages.

• Définition des objectifs d'apprentissage

Au terme de l'analyse des besoins des élèves, l'objectif du didacticiel est de permettre aux apprenants de construire les connaissances, d'acquérir les savoir-faire et les savoir-être en mécanique automobile et d'apprendre à apprendre.

Ainsi, l'objectif intermédiaire d'intégration se définit de la manière suivante : au terme de l'apprentissage, l'élève sera capable de :

- ✓ Identifier les éléments constitutifs d'un système transmission et de décrire leurs fonctionnements ;
- ✓ Déterminer les paramètres de choix et de dimensionnement d'une transmission automobile ;
- ✓ Décrire le processus de maintenance des organes de la transmission automobile.

Dans cette optique, le didacticiel de transmission automobile entend associer théorie et pratique. A aucun moment, il ne remplace les cours présentiels et les travaux pratiques

enseignés dans les écoles. Au contraire, il les renforce. Le didacticiel a pour vocation principale d'illustrer les notions enseignées en présentiel et de permettre aux apprenants de tester leurs connaissances et consolider leurs acquis par de nombreux exercices.

- **L'architecture du didacticiel**

Elaborée par nous-même sur la base du didacticiel du système de transmission automobile. Un module représente un élément de structure pédagogique et il vise à répondre à une question de formation. Un module pédagogique constitue l'ensemble des connaissances que l'auteur veut faire acquérir aux apprenants. Il est constitué d'un ensemble des activités et comprend un objectif pédagogique ainsi que des objectifs spécifiques associés aux notions, celles-ci étant considérées comme les plus petits éléments de connaissances à enseigner. Le tableau ci-après donne les intitulés de chaque module du cours. Ces titres sont formulés en termes de questions pour éveiller la curiosité de l'apprenant, susciter son intérêt intrinsèque, l'interpeller et le motiver.

Tableau 3.1 : module et intitulés

Modules	Intitulés
Module	Qu'est-ce que la transmission automobile ?
Module	Qu'est-ce que l'embrayage ?
Module	Qu'est-ce que la boîte de vitesse ?
Module	Qu'est-ce que le pont différentiel ?
Module	Comment choisit les paramètres et dimensionner une transmission automobile ?

L'environnement pédagogique informatisé est structuré en 05 modules hiérarchisés qui impose un certain cheminement de l'apprenant en vue d'acquérir les compétences visées. Chaque module est décomposé en 04 unités d'apprentissage (UA).

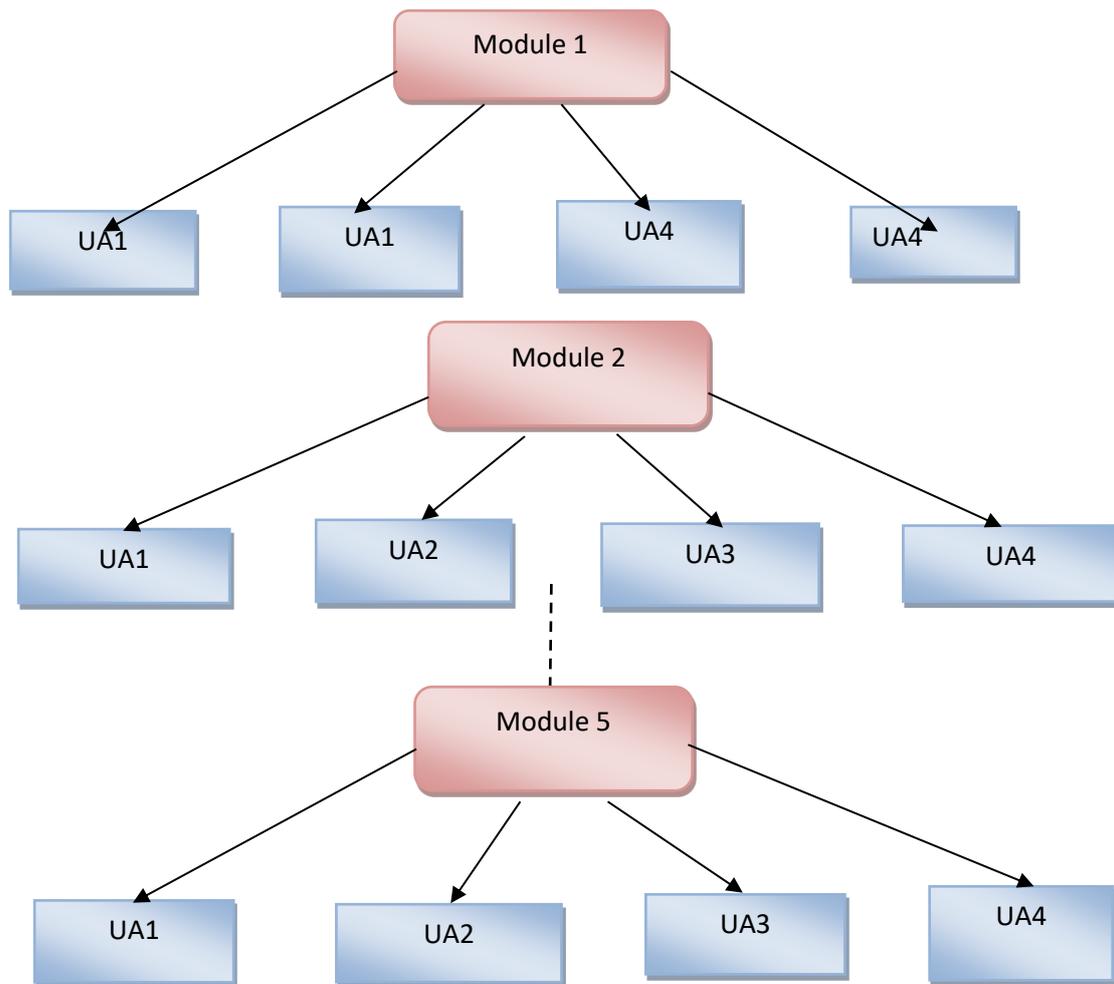


Figure 3.3 : architecture du didacticiel

Tous ces 05 modules du didacticiel sont conçus selon l'architecture suivante : chaque module se décompose en unité d'apprentissage (UA). Une UA présente un ensemble d'activités destinées aux apprenants et choisies en fonction de leur potentiel à développer une ou plusieurs habiletés au regard d'un ensemble de connaissances données. L'unité d'apprentissage est décrite par un verbe d'action et en fonction de l'apprenant. C'est ainsi que l'unité 1 porte le titre « je découvre », l'unité 2 est intitulée « je me documentes », l'unité 3 a pour titre « je résous une situation-problème », et enfin l'unité 4 « j'approfondit mes connaissances ». Ces titres ont été attribués en remplaçant le jargon informatique par le jargon pédagogique afin de mieux faciliter l'exploration du contenu par l'apprenant. Ceci a été fait dans le souci de nous conformer avec la philosophie de la pédagogie active qui place l'enfant au centre de toute action éducative et le laisse conjuguer lui-même les verbes à la première personne du singulier.

- **La scénarisation des apprentissages**

Dès lors que la structure pédagogique a été établie, il s'agit maintenant de décrire un scénario d'apprentissage pour chacune des unités d'apprentissage :

- ✓ L'objectif de l'UA n'est autre que l'énoncé de l'UA ;
- ✓ La consigne d'apprentissage c'est-à-dire « l'énoncé qui explicite de façon détaillée comment réaliser une activité d'apprentissage ou un ressource ». Exemple : dans l'unité « je m'exerce », il est indiqué la consigne suivante : cette unité me permettra de tester mes connaissances, faire des applications directes et consolider mes acquis.
- ✓ Les ressources pédagogiques : ces ressources qui sont destinées aux apprenants servent à réaliser une ou plusieurs activités d'apprentissage (cours, vidéos, images, schéma, ...).
- ✓ Les productions qui devraient résulter des activités d'apprentissage. Exemples : des exercices d'évaluation, des expériences réalisées, activités documentaires, situations-problèmes.

III.3. REALISATION DU DIDACTICIEL

Il s'agit ici de la phase purement informatique. C'est la phase la plus concrète dans le processus de réalisation d'un didacticiel (implantation effective du produit sur un système donné). Le travail consiste en une composition des écrans, en la standardisation de la présentation du didacticiel (usage des couleurs, création d'écran type, ...), en la saisie des interactions dans le langage ou système choisi.

a) Phase développements

La phase de développement comporte trois étapes essentielles : le choix du logiciel de programmation, les fonctionnalités utilisées et l'organisation et la structure du contenu.

• Choix du logiciel de programmation

Le logiciel de programmation utilisé est *Exe Learning* (e-learning XHTML editor). C'est un logiciel auteur qui est dédié pour créer des contenus et des modules d'évaluations dans la perspective d'alimenter les environnements numériques de travail (ENT) dans une logique de formation, de suivi et d'accompagnement des apprenants. Développé à l'Université d'Auckland en Nouvelle-Zélande, *Exe Learning* permet de créer des séquences d'activités d'apprentissage interactives dans tous les domaines de l'enseignement. Simple, efficace et multiplateforme (Windows, MacOS, Linux), ce logiciel permet à l'enseignant de créer des cours attractifs que l'apprenant qui pourra l'utiliser pour produire des travaux et s'initier à une utilisation propre des ressources d'Internet. Devant une grande variété d'outils pouvant être utilisés pour la conception et la mise en ligne des contenus, notre choix a porté sur ce logiciel pour les raisons suivantes :

- ✓ *Exe Learning* est un outil polyvalent qui permet de générer différents types de contenus adaptés à différents plateformes pédagogiques telles que *Moodle*, *Claroline*, *Ganessa*, *Dokeos*, etc. ;
- ✓ *Exe Learning* est un logiciel open source (libre et gratuit) ; mais suffisamment performant dans la mesure où il permet l'intégration de plusieurs types de contenus (textes, iconographiques, audio ou vidéo) et dans la mesure aussi où il permet de créer des évaluations interactives avec une possibilité de suivi des apprenants ;
- ✓ Des exercices interactifs (textes à trous, QCM, etc.) peuvent également être proposés ;

- ✓ Il permet de présenter des contenus sous forme de documents numériques de qualité professionnelle ;
 - ✓ **Exe Learning** propose la création des outils pédagogiques ou *iDevices* qui comprennent une gamme de formes pédagogiques qui décrivent le contenu (p.ex. objectifs, études de cas, activités de lecture, texte libre) ;
 - ✓ Avec **Exe Learning** les utilisateurs peuvent développer des structures d'apprentissage qui leur conviennent et créer des ressources flexibles et facilement mises à jour ;
 - ✓ Il est conçu pour aider les enseignants et les concepteurs pédagogiques dans la publication du contenu sur le web, sans être des experts du HTML ou du XML.
- **Les fonctionnalités utilisées**

Nous allons nous attarder uniquement aux fonctionnalités que nous avons exploitées. Les différents outils peuvent être classés en deux catégories : les outils d'édition de textes et les outils d'évaluation.

1. Les outils d'édition de textes :

Ces outils nous ont permis de rédiger un texte libre, présenter une activité, proposer une activité de lecture en donnant des consignes, préciser les objectifs visés à travers l'activité proposée et présenter un message de retour suite à l'activité. Les outils d'édition utilisés sont : activité, activité « lecture », objectifs, réflexivité et texte libre.

2. Les outils d'évaluation :

Pour créer les activités d'évaluation, nous avons exploité les outils pédagogiques suivants : activité « remplir les blancs », choix multiple, exercice « vrai ou faux », galaxie d'images et Quiz SCORM.

Chaque activité d'évaluation commence par une consigne qui sert de base à l'exercice. Il est possible de donner des indices pour aider l'apprenant à comprendre la question en cas de besoin. Ensuite, on peut mettre un message de retour approprié (écho en retour) qui lui permettra de savoir si sa réponse est exacte. Hormis le Quiz SCORM qui est un outil d'évaluation sommative, tous les autres sont des outils d'évaluation formative. En fait, le quiz SCORM est une variante du QCM, mais qui permet d'enregistrer les scores de l'apprenant. Mais en amont, le score exigé est fixé pour que l'exercice soit considéré comme réussi.

Ces différentes ressources qui sont mises à la disposition de l'élève sont choisies pour susciter la motivation de celui qui apprend en le renforçant positivement et en lui donnant un espace dans lequel il puisse apprendre à son propre rythme.

Nous avons mis également l'accent sur le caractère personnel de l'apprentissage (enseignement individualisé) et sur les activités à réaliser (expériences, documentaires et situations-problèmes).

- **Organisation et structure du contenu**

La première tâche à réaliser était d'organiser et de structurer le contenu d'apprentissage dans l'environnement informatique. A cet effet, nous avons d'abord créé le plan de la séquence et choisi les activités pour alimenter ses différentes parties.

Selon la démarche pédagogique centrée sur l'élève, chaque séquence d'apprentissage porte un titre et comprend quatre rubriques sous forme d'activités, à avoir : ***je m'exerce, j'approfondit mes connaissances, je me documente, je résous une situation-problème.*** Pour faciliter l'exploration et l'exploitation du contenu par les apprenants, nous avons remplacé le jargon informatique par le jargon pédagogique. Ceci dans le but de respecter l'esprit de notre approche basée sur la responsabilisation et l'intérêt de l'apprenant qui le pousse à se prendre en charge en faisant le choix de l'activité qu'il désire réaliser. A présent, nous allons présenter les éléments constitutifs de chaque module. Nous décrirons ci-dessous les cinq unités pédagogiques de base. Les figures suivantes dévoilent la présentation de quelques pages du logiciel permettant d'élaborer notre didacticiel.

➤ **Ici montre l'arborescence du plan et la page d'accueil du didacticiel.**

La colonne de gauche se compose de deux fenêtres, la première permet de concevoir le plan de la séquence de formation que nous souhaitons créer, la seconde nous permet de choisir des types d'activités pour alimenter en contenu les différentes parties de notre plan. La partie de droite nous permet de concevoir le contenu et d'en afficher l'aperçu.



Figure 3.4 : Arborescence du plan et page d'accueil du didacticiel

Après cette étape, nous avons ensuite repris ces quatre activités de base dans les autres modules formant ainsi un système informatique plus complexe avec 05 (cinq) module, dont la granulométrie (taille) a été bien étudiée (ni trop grande, ni trop petite à la fois). Tous ces cinq modules portent sur Le système transmission automobile.

➤ Création d'un document ou d'un cours

Cette étape montre comment nous avons procédé pour réaliser une activiste documentaire sur exe-learning (création des tableaux, des textes, d'un cours, importation des textes depuis Word et PDF...). Nous utiliserons les fonctions : activité, activités lecture, objectifs, textes à lire, étude des cas, réflexivité...) pour réaliser notre document ou cours en fonction de nos besoins.

Nous allons maintenant pouvoir rédiger un texte de présentation dans la partie principale de l'écran grâce à l'éditeur qui nous est proposé. Nous allons prendre l'exemple de la description de l'activité proposée à l'apprenant. Pour cela nous allons choisir Activité comme « iDevice »

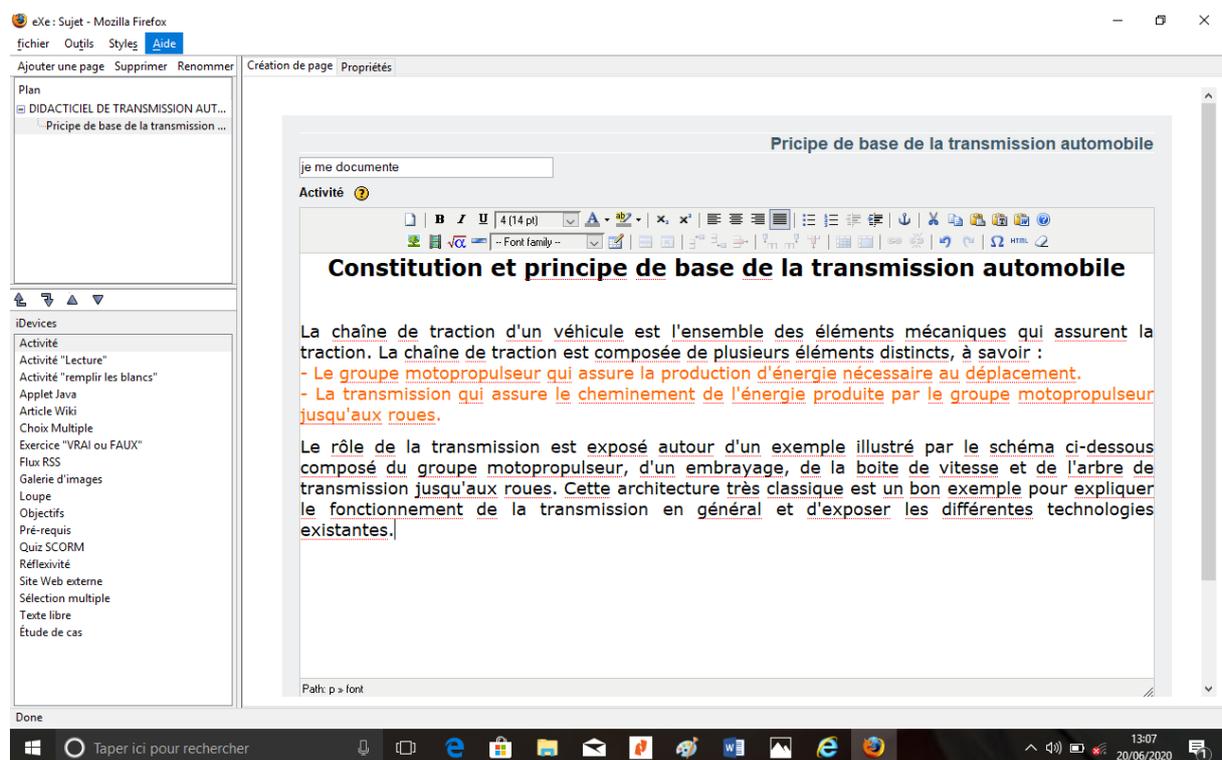


Figure 3.5 : Création d'un document ou d'un cours

Lorsque le contenu de l'activité est décrit, il suffit de la valider pour avoir un aperçu de ce que cela donnera pour l'apprenant. En cas de besoin, il sera toujours possible de modifier ce contenu en cliquant sur l'icône représentant un petit bloc-notes. Le principe compris, ce sera la même chose avec tous les outils d'édition de texte, c'est simplement le titre qui change et si vous le souhaitez, vous pouvez même le changer.

➤ Importer une vidéo

Pour pouvoir importer une vidéo de puis notre ordinateur nous avons eu à utiliser la fonction « réflexivité ». Cliqué sur la touche « insert/edit emdded média », puis sélectionner le lecteur idéal. Nous pouvons maintenant cliquer sur « browser » pour télécharger notre image a son emplacement dans notre ordinateur. Une fois la vidéo téléchargée nous pouvons la redimensionner, cliquer sur « insert » et valider le processus.

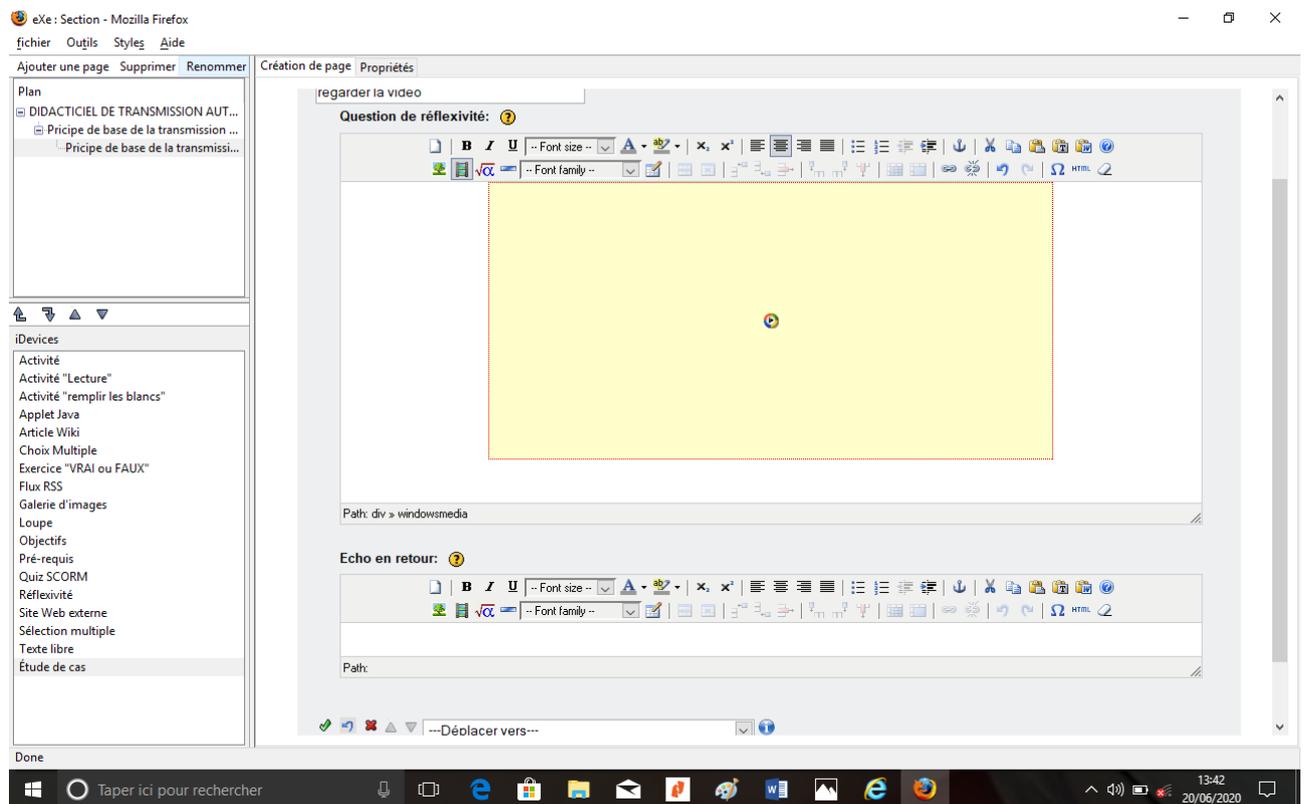


Figure 3.6 : comment importé une vidéo ?

➤ Exercice VRAI ou FAUX

Il n'y a pas grand-chose à dire sur celle-ci, elle est très simple à créer. Le formulaire proposé est simple à compléter. Nous avons d'abord rédigé une consigne, puis poser la question et ensuite cocher la case qui correspond à ce que vous attendez. Si vous le souhaitez-vous pouvez prévoir un « **Écho de retour** » et même proposer un **indice** pour guider l'apprenant.

Etude conceptuelle et réalisation d'un didacticiel pour le fonctionnement et la maintenance des systèmes de transmission des véhicules utilitaires : cas d'un camion à trois essieux

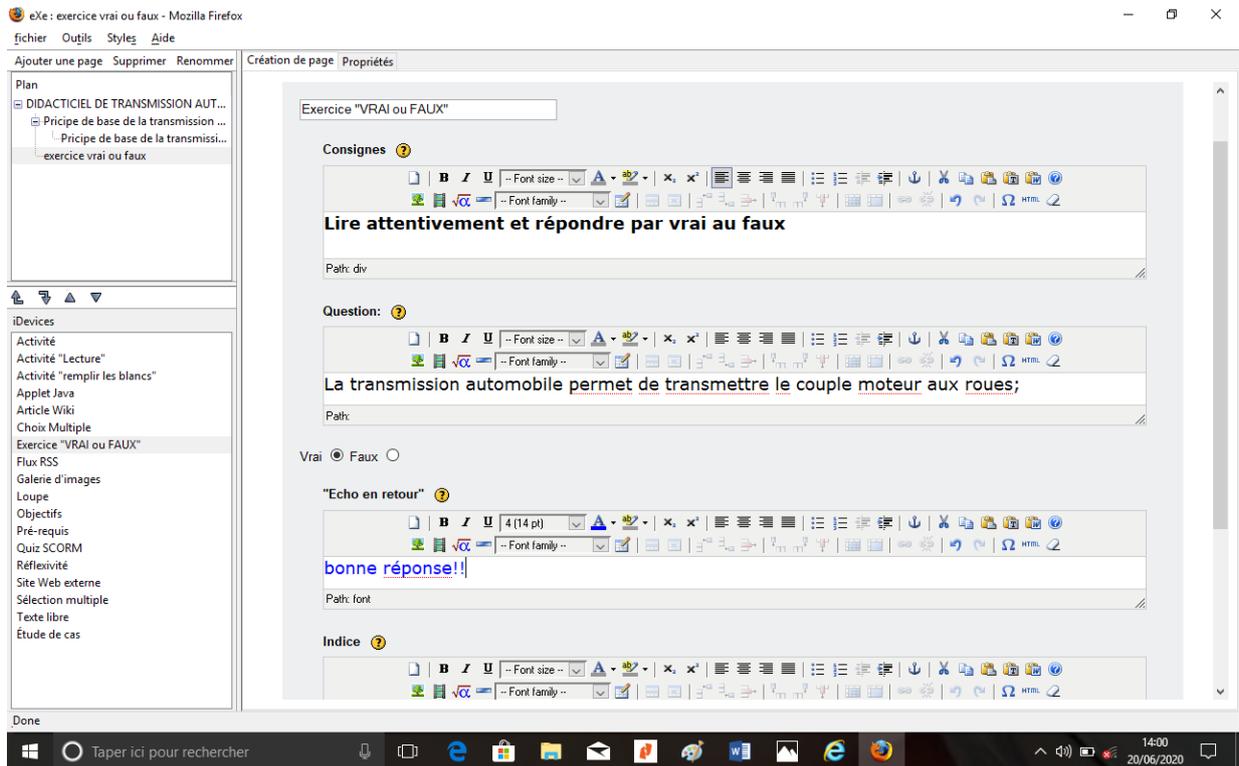


Figure 3.7: créé un exercice vrai ou faux

➤ Exercice de type « QCM »

Ici nous utiliserons la fonction « sélection multiple » pour la réalisation de notre activité pédagogique. Il faut bien entendu commencer par rédiger la question, puis, il est possible de donner des indices pour aider l'apprenant à comprendre la question en cas de besoin. Ensuite, il faut préciser la première réponse proposée (option) ainsi que le texte qui doit s'afficher lorsque l'apprenant choisit cette réponse (**Écho en retour**). Voyons plutôt sur un exemple bonne réponse au bien mauvaise réponse.

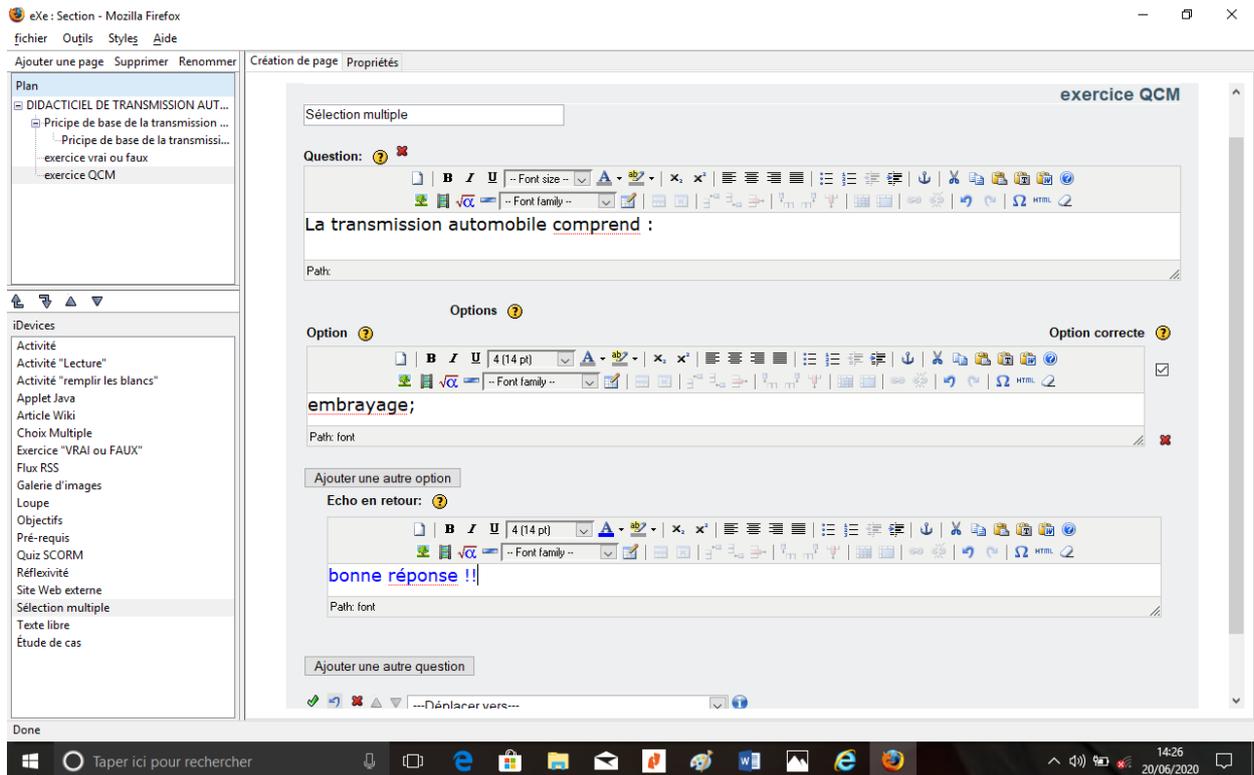


Figure 3.8: créé un exercice QCM

Il suffira de cliquer sur le bouton « Ajouter une option » pour ajouter autant d'options que vous le souhaitez. Pour chaque option vous pourrez mettre un message de retour approprié et à la fin validé le processus.

d) Fonctionnement du didacticiel

L'environnement numérique proposé dans le didacticiel permet un accès autonome de l'apprenant à l'objet de la formation car le didacticiel lui-même constitue une banque de ressources et un accompagnement de l'apprentissage centré sur l'apprenant, ce qui cadre typiquement à un modèle pédagogique appropriatif.

Schématiquement, les principes de base de ce processus d'apprentissage peuvent se décliner de la manière suivante :

- ✓ L'élève doit travailler individuellement ;
- ✓ Il doit travailler à son propre rythme ;
- ✓ L'élève doit immédiatement être mis au courant de la pertinence de sa réponse (correction immédiate) ;
- ✓ L'élève peut s'auto-évaluer.

Pour une utilisation réfléchiée et efficace, un outil technologique demande que ce dernier soit intégré dans des méthodes pédagogiques actives et innovantes. Les objectifs et la qualité de l'apprentissage restent la première cible des innovations technologiques. Ainsi donc, notre prototype intègre les éléments caractéristiques du pentagone de l'apprentissage proposé par Lebrun (s'informer, se motiver, interagir, produire, s'activer).

Conclusion

Dans ce chapitre il était question pour nous de façon claire, démontrer la méthodologie et décrire le processus d'élaboration de notre didacticiel donc la première partie consacrée à la définition (étude), l'autre consacrée à la conception du didacticiel et en fin la réalisation de notre didacticiel. Par la suite nous présenterons les résultats et l'évaluation de notre didacticiel.

Chapitre IV : PRESENTATION DES RESULTATS, COUT DE REALISATION

Introduction

Dans ce chapitre il sera question pour nous de présenter quelques pages de notre didacticiel obtenu et par la suite, nous posséderons à l'évaluation de notre didacticiel et nous terminerons par la détermination du coût de réalisation de notre didacticiel.

IV.1. CAPTURES D'ECRAN DE QUELQUES PAGES DE NOTRE DIDACTICIEL

Nous nous retrouvons à la fin avec un didacticiel composé de deux grandes parties à savoir :

- ✓ Une partie "tutoriel" (constituée des textes, images et vidéos) ;
- ✓ Une partie exerciceur (constituée des exercices sous forme de "vrai ou faux" et "QCM").

a) Partie tutoriel :

Cette partie permet aux apprenants de se documenter et d'effectuer les tâches tel que : lire, visualiser le comportement interne des mécanismes à travers les vidéos, et d'effectuer les recherches sans quitter le didacticiel en cas de besoin grâce à une fonctionnalité prévue dans le didacticiel...

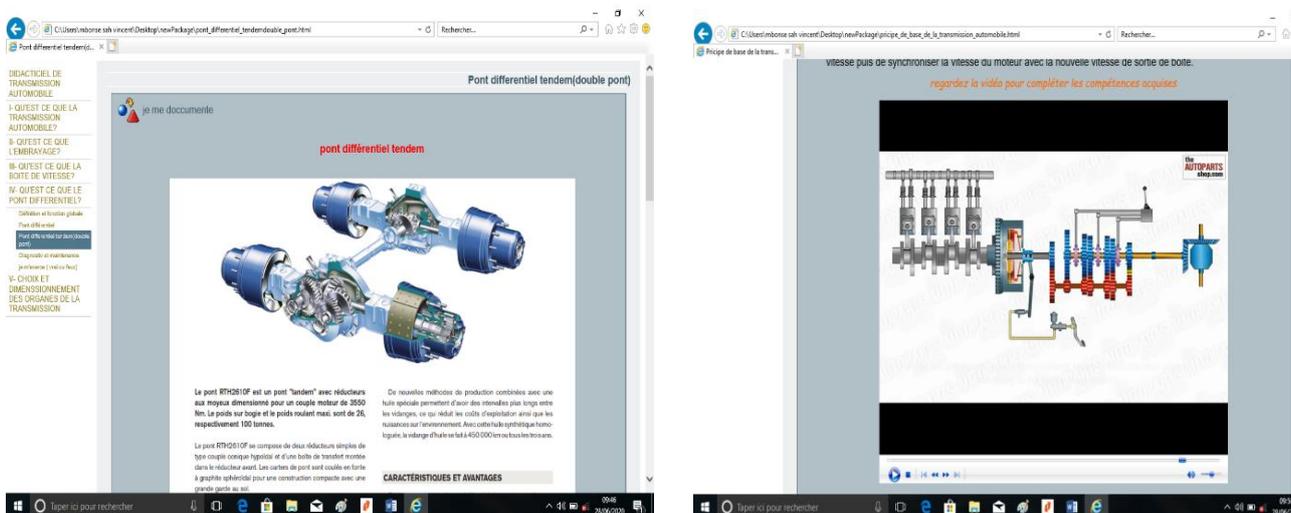


Figure 4.1: capture de quelques pages de la partie tutoriel du didacticiel

b) Partie exerciceur :

Cette partie permettra à l'apprenant de mettre ses compétences acquises à la partie tutoriel en pratique et en même temps tester ses connaissances sans l'intervention de l'enseignant.

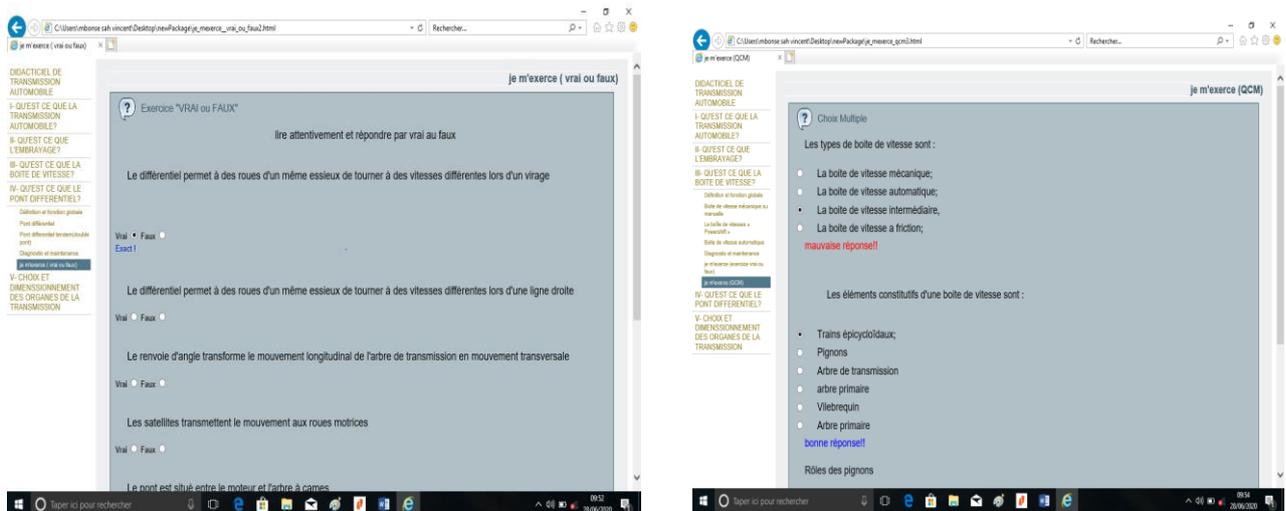


Figure 4.2 : capture de quelques pages de la partie exerciceur du didacticiel

IV.2. EVALUATION DU DIDACTICIEL

L'évaluation d'un didacticiel, destiné par définition à un apprenant, devrait, en bonne logique, être réalisée par un apprenant ou mieux par un échantillon représentatif d'apprenants. L'analyse de nos résultats devrait se faire en trois différents points selon les instruments utilisés au cours de notre travail. Ainsi, ces différents points concernent respectivement les résultats des élèves aux épreuves lors du pré-test et post-test des échantillons choisis (groupe expérimental et groupe témoin), les impressions générales des apprenants sur leur apprentissage avec le didacticiel et l'évaluation du dispositif lui-même. Etant donné que notre produit a été réalisé en période de confinement où les apprenants n'étaient plus disponibles pour effectuer les pré-tests et les post-tests, nous nous focaliserons sur le troisième point qui est basé sur l'évaluation du didacticiel lui-même en passant par la méthode de LIKERT.

L'évaluation du didacticiel se fait selon une grille (annexe 1) soumise aux spécialistes du domaine, renfermant les principaux critères ci-dessous :

- ✓ Contenu (25%) ;
- ✓ Ergonomie de l'interface (20%) ;
- ✓ Utilités pédagogiques (35%) ;
- ✓ Degré d'innovations pédagogiques (20%).

Chacun de ces critères ou thèmes est subdivisé en sous-critères, par exemple en matière d'évaluation du contenu, il faut s'assurer si la structuration du contenu suit des règles de présentation favorisant l'apprentissage autonome, si le contenu est conforme au programme national de la mécanique automobile, si les objets pédagogiques sont clairement définis, si le contenu est exempt de fautes grammaticales et si le niveau de langage employé est approprié au public visé.

IV.2.1. Présentation du graphe des notes attribuer à notre didacticiel

Le cumulé (annexe 2) notes attribuées à notre didacticiel sont présentées dans la figure suivante

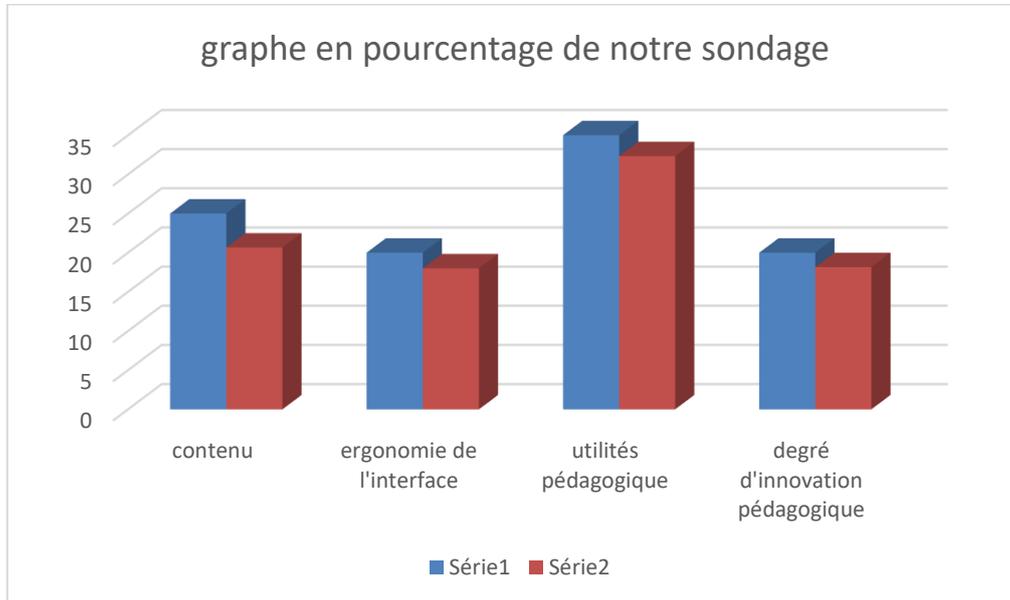


Figure 4.3 : graphe en pourcentage de notre sondage

IV.2.2. Interprétation des résultats

D'après ces quatre critères, le didacticiel a été évalué comme suit en fonction de l'appréciation selon l'échelle de LICKERT (Annex 1) :

- ✓ Contenu : 20,66 sur 25% ;
- ✓ Ergonomie de l'interface : 18 sur 20% ;
- ✓ Utilités pédagogiques : 32,33 sur 35% ;
- ✓ Degré d'innovations pédagogiques : 18 sur 20% ;
- ✓ Le total général est de **89,16 sur 100%**.

En se basant sur l'appréciation selon l'échelle de LICKERT, notre didacticiel se classe dans l'intervalle compris entre 81 et 100 ; ce qui permet de le classer comme étant une **excellente ressource pédagogique**.

Ainsi, nous pouvons relever quelques valeurs ajoutées de notre prototype en tant qu'aide didactique :

- ✓ La première valeur ajoutée est l'interactivité entre l'apprenant et l'ordinateur ; en effet, l'apprenant qui répond à une question ou à un ensemble des questions reçoit un feed-back rapide pour chacune de ses réponses plutôt que d'attendre la disponibilité de l'enseignant ou

encore la fin de l'exercice pour consulter le corrigé (pratique couramment rencontrée dans l'enseignement traditionnel).

- ✓ La deuxième plus-value du didacticiel est sa possibilité d'offrir à l'élève des méthodes de travail et des stratégies cognitives et métacognitives sans que l'enseignant ait à intervenir. Par conséquent, l'apprenant qui se retrouve seul face à la machine, se voit responsable d'opérer des choix susceptibles de favoriser son autonomie lors de l'apprentissage. Dans une perspective socioconstructiviste, l'élève est engagé dans une démarche dynamique de construction de ses connaissances grâce à l'interaction avec ses pairs.
- ✓ Le didacticiel, en tant qu'outil d'entraînement, peut être exploité pour aider les apprenants faibles ou en situation d'échec scolaire. Il permet à l'enseignant de respecter le rythme d'apprentissage de chacun de ses apprenants ; ainsi, il lui devient plus aisé de suggérer à chacun des activités bien ciblées selon le niveau qu'il a atteint. L'introduction du didacticiel en milieu scolaire n'est toutefois pas une fin en soi, mais elle s'inscrit davantage dans un ensemble de soutiens à l'apprentissage qui vont faciliter le passage d'une pédagogie centrée sur l'élève ;
- ✓ Le didacticiel est utilisable sur ordinateur, téléphone androïde, tablette et iPhone

IV.3. COUTS ET DEPENSE POUR LA REALISATION DE NOTRE DIDACTICIEL

- Le logiciel de réalisation de notre didacticiel nous a coûté 30euros donc équivalant à une somme de 19500Fcfca ;
- Le coût de réalisation (nous avons travaillé avec un informaticien donc le taux horaire était de 1500Fcfca par heures et pendant 05jours) d'où le coût de la réalisation est de :
 $CR = (1500 \times 8) \times 5 = 60\ 000Fcfca$
- Les coûts divers (transport, internet et autres) sont de 10000Fcfca ;
- Le coût total de la réalisation de notre didacticiel est de :
 $CTRD = 19500 + 60000 + 10000 = \mathbf{89500Fcfca}$

Conclusion

Cette section était consacrée à l'interprétation du résultat afin de nous permettre d'établir un lien entre l'utilisation du didacticiel et l'amélioration des résultats des apprenants dans le domaine de la mécanique des poids lourd. Les résultats de l'évaluation de la pertinence pédagogique démontrent que notre didacticiel suit les règles telles que : contenu, ergonomie, utilisation pédagogique et innovation pédagogique. Par conséquent, son appréciation a permis de le classer comme une ressource pédagogique pertinente. Par le fait d'être sympathique, souple et adapté à leur niveau, le didacticiel adopte une démarche pédagogique qui permet d'appréhender les notions d'une manière active, en suivant « la pédagogie centrée sur l'apprenant ». En plus, il est concret, vivant, exigeant, stimulant et valorisant ; ce qui lui permet de gagner les apprenants.

CONCLUSION GENERALE

Ce mémoire est porté sur la réalisation d'un didacticiel devant faciliter la transmission et l'acquisition des connaissances dans le processus enseignement apprentissage de la mécanique automobile plus précisément au niveau du système transmission automobile. Pour le mener à bien, le travail a été organisé en quatre chapitres : d'abord dans le premier, il a été question pour nous présenter de façon claire les généralités sur les mots clé de notre thème à savoir (la notion d'essieux, de classification des véhicules et de la transmission) d'une part et d'autre de présenter une généralité sur les didacticiels utiliser pour la transmission des connaissances. Par la suite présentée une étude et une analyse partant sur des ouvrages, techniques et méthodes utilisées pour transmettre facilement les connaissances dans le domaine de la MA tel que l'utilisation des banc didactiques, des maquettes pédagogiques ainsi que les tutoriels. Le deuxième chapitre, renvoie à l'illustration du calcul de dimensionnement du système de transmission qui sera ensuite introduit dans notre didacticiel. En ce qui concerne le chapitre trois nous avons présenté le processus d'élaboration de notre didacticiel (définition, conception et la réalisation). Enfin dans le quatrième chapitre, il a été question d'évaluer notre didacticiel obtenu et de présenter quelques pages de notre didacticiel. Elle s'étendait sur trois phases d'analyse à savoir : la phase pré-texte, post-test et l'évaluation didacticiel basé sur l'échelle de Likert. Cependant, nous n'avons pas puis effectuer les deux premières étapes pour des raisons de l'absence des apprenant dû par le confinement. Donc l'évaluation de notre produit a été basée sur la troisième étape.

Les résultats de ce travaille ouvrent des perspectives :

- ✓ Implémenter le didacticiel sur une plateforme d'enseignement à distance ;
- ✓ Entreprendre une expérimentation sur une plus large échelle ;
- ✓ Réaliser un didacticiel globalisant tout composant de l'automobile ;
- ✓ Incorporer le maximum des vidéos dans le didacticiel ;
- ✓ Commercialiser notre didacticiel à l'échelle nationale et internationale.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] CAP VENDEURS MAGASINIERS "cours de classification des véhicules" LYCEE Gaston Barré pages 10.
- [2] <https://www.ornikar.com/code/cours/mecanique-vehicule/roues/essieux>. Samedi le 11 janvier 2020 à 9h49mins ;
- [3] BPW-WH-LL-L "manuel de réparation, essieux auto suiveurs " wethink transport, Edition 01-02-2017, pages 76 ;
- [4] Toufik TAFADJIRA " Conception et étude de fabrication des organes de transmissions, Etude de cas : La Boite de Vitesses CVT" Ecole Nationale Polytechnique, REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE, ENP 2017 pages 90.
- [5] BTS AVA " Analyse des systèmes et contrôle des performances " session 2016 code : AVE4SCP, pages 16 ;
- [6] Rémi LOSERO " contrôle en couple et en vitesse du glissement d'un embrayage simple ou double, L'UNIVERSITÉ DE VALENCIENNES ET DU HAINAUT-CAMBRÉSIS DANS UNE TRANSMISSION AUTOMOBILE, 4 May 2016, pages 149 ;
- [7] Centre international de Vienne " INTRODUCTION À LA MÉCANIQUE" MODULE TRANSMISSION. Session 2016. Pages 70.
- [8] Pr Jean-Pierre MARIOT " étude et réalisation des organe de transmission automobile " Docteur de l'Université du Maine Faculté des Sciences et Techniques. 31 janvier 2008. Pages 144.
- [9] VOLVO A40 "CONCOURS GÉNÉRAL DES MÉTIERS" Baccalauréat Professionnel Maintenance des matériels Session 2016. Pages 07.
- [10] Volvo Trucks. Driving Progress " Fiche technique Pont arrière RTH2610F" 2014-03-10 FRE Version 02. Pages 02.
- [11] ABDESSEMED Nadjiba " Conception et réalisation d'un prototype de didacticiel Pour l'enseignement /apprentissage de la prononciation du FLE " Université Hadj Lakhdar de Batna (UHLB), Session 2015, pages 306 ;
- [12] Besnainou. R, Muller .C et Thouin. C Concevoir et utiliser un Didacticiel. Guide pratique. Paris : éditions d'Organisation. 1990 pages 234 ;
- [13] Narcy Combes. J-P. Didactique des langues et TIC : Vers une recherche action responsable. Paris : Ophrys. 2005 pages 192.
- [14] DIDACT BDH ZAC- Croix Chartier " MATÉRIELS PÉDAGOGIQUES, lien idéal entre système réel et modèle numérique" 42 140 SAINT DENIS SUR COISE, 2016, pages 116 ;

[15] N. Salamé "étude conceptuelle et réalisation des objets pédagogiques : banc pédagogique de boîte de vitesse et embrayage pour formation des étudiants" l'exposé présenté au cours des Journées *Informatique et Enseignement des Sciences Appliquées*, organisées par l'I.N.R.P. au Centre International d'Études Pédagogiques (Sèvres) les 18 et 19 Juin 1984, pages 216 ;

[16] PRODIDAC "étude le et réalisation des équipements pour enseignement technique" 2019 ;

[17] Karim YAKHOU "étude expérimentale et réalisation d'un didacticiel pour observation du comportement dynamique d'une boîte de vitesse avec pont différentielle" DEVANT L'INSTITUT NATIONAL DES SCIENCES APPLIQUEES DE LYON, Année 1999, pages 211 ;

[18] Madoué Florentine AKOUETE-HOUNSINOU "la formation continue par TICE des enseignants du secondaire au Bénin : réparation boîte à vitesse pilote (bmp6)" UNIVERSITÉ DE MONTRÉAL, Novembre 2012, pages 366.

[19] TIMBA SADRACK Jean Pierre "théorie des propriétés d'exploitation des automobiles" cours de la cinquième année ENSET d'EBOLOWA. Non publié

ANNEXES

ANNEXE 1 : Grille d'évaluation du didacticiel (GRI-ED)

N°	CRITERES	ITEMS	Echelle de notation						COTE
			5	4	3	2	1	0	
01	CONTENU	Structuration du contenu suivant des règles de présentation favorisant l'apprentissage autonome							
02		Le contenu est conforme au programme national la mécanique auto ?							
03		Les objets pédagogiques sont clairement définis							
04		Le contenu est exempt de fautes grammaticales							
05		Le niveau de langage employé est approprié au public visé							
06	ERGONOMIE DE L'INTERFACE	Le produit est clairement décrit							
07		Fonctionnement adéquat des éléments interactifs							
08		Les interactions possibles dans le produit peuvent soutenir les apprenants et peuvent favoriser l'apprentissage							
09		L'ergonomie de l'interface du produit est détaillée et convenable au public cible							
10	UTILITES PEDAGOGIQUES	Possibilités d'intégration du produit dans l'acte enseignant/apprentissage							
11		Possibilité d'amélioration de la compréhension des élèves par le produit							
12		Possibilité de développer diverses compétences (savoir, savoir-faire, savoir-être)							
13		Contribution à la résolution des problèmes							

A

14		Favorisation de l'autonomie de l'apprenant									
15		Il y a suffisamment d'informations pour que le produit vaille la peine d'être opérationnel									
16		La définition claire du public cible									
17	DEGRE D'INNOVATIONS PEDAGOGIQUES	L'aide apportée par le produit aux enseignants dans leurs pratiques pédagogiques									
18		Le produit est un moyen nouveau dans l'acte et enseignement /apprentissage									
19		Le produit se prête mieux que les moyens traditionnels									
20		L'offre d'une rétroaction appropriée par les évaluations fournies à l'utilisateur									

Appréciation selon l'échelle de LICKERT :

- ✓ De 0 à 40 : le produit est au-dessous de la moyenne ;
- ✓ De 41 à 60 : le produit est catégorie moyenne ;
- ✓ De 61 à 80 : le produit possède des éléments intéressants malgré certaines faiblesses ;
- ✓ De 81 à 100 : le produit est une excellente ressource pédagogique.

ANNEXE 2 : Cumulé du sondage en pourcentage par la méthode de LICKERT

N° de fiche	Contenu %	Ergonomie de L'interface %	Utilités pédagogiques %	Degré D'innovations pédagogiques %
01	22	18	32	19
02	20	17	31	17
03	24	19	33	17
04	19	18	32	19
05	18	19	33	18
06	21	17	33	19
Totaux	20,66%	18%	32,33%	18,16%

ANNEXE 3 : interface d'entrée du didacticiel

The screenshot shows a web browser window with the address bar containing 'C:\Users\mbonse sah vincent\Desktop\newPackage\index.html'. The browser title is 'DIDACTICIEL DE TRANSMIS...'. The main content area is titled 'DIDACTICIEL DE TRANSMISSION AUTOMOBILE' and contains the following text:

DIDACTICIEL POUR TRANSMISSION AUTOMOBILE D'UN CAMION A 03 ESSIEUX DESTINE AUX APPRENANTS DE LA MVPL (Maintenance de Véhicules de Poids Lourd);
Réalisé en 2020.
Auteur: ZETIO ANOULEVOUR Eric;
Etudiant à l'ENSET d'EBOLOWA;
Département: GENIE MECANIQUE.

Below the text, there are three images: a diagram of a truck chassis, a portrait of a man in a suit, and a detailed view of a truck axle assembly. A 'Suivant >' button is located at the bottom right of the main content area. On the left side of the browser window, there is a sidebar menu with the following items:

- DIDACTICIEL DE TRANSMISSION AUTOMOBILE
- I- QU'EST CE QUE LA TRANSMISSION AUTOMOBILE?
- II- QU'EST CE QUE L'EMBRAYAGE?
- III- QU'EST CE QUE LA BOITE DE VITESSE?
- IV- QU'EST CE QUE LE PONT DIFFERENTIEL?
- V- CHOIX ET DIMENSIONNEMENT DES ORGANES DE LA TRANSMISSION

The Windows taskbar at the bottom shows the search bar with the text 'Taper ici pour rechercher', several application icons, and the system tray with the time '14:32' and date '24/06/2020'.



ENSET EBOLOWA

DEPARTEMENT DE GENIE MECANIQUE

Ce mémoire intitulé :

ETUDE CONCEPTUELLE ET REALISATION D'UN DIDACTICIEL POUR LE FONCTIONNEMENT ET LA MAINTENANCE DES SYSTEMES DE TRANSMISSION DES VEHICULES UTILITAIRES : cas d'un camion à trois

D'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE D'EBOLOWA

Présenté par :

ZETIO ANOULEVOU Eric

Matricule : 18W438

**Mémoire de fin d'étude présentée en vue de l'obtention du diplôme De
professeur d'enseignement technique de deuxième grade**

A été soutenu le : 10-07-2020

Devant le jury composé de :

- **Président : P_r MENGUE MBOM Alex (MC) ;**
- **Rapporteur : - M TIMBA Jean Pierre (CC) ;
-M MENGUE Jean marie (ASS) ;**
- **Examineur : D_r NGO BISSE Jacque (CC).**