UE COPI, Conception détaillée: Projet « Fil rouge »

Cadre pédagogique et objectifs:

ENSAM CLUNY, Année 2026-2027
Y. PAIRE
pour l'équipe de conception mécanique 1A de Cluny
(F. MOLL, A. GAIAO, L. LABOUREAU)

Extrait Syllabus ENSAM, PGE, 2026

Code UE	Syllabus : Acquis d'Apprentissage Visé Principal.	Syllabus : AAV Particuliers.
COPI		Lister et décrire les principales solutions technologiques utilisées au sein de systèmes existants.
COPI	Élaborer et mettre en œuvre un processus de conception détaillé d'un système manufacturé à partir de son avant-projet, en intégrant les contraintes techniques, économiques, environnementales et sociétales (TEDS) afin d'assurer une solution optimisée, durable et éthique.	Choisir, dimensionner, représenter et intégrer des éléments de structure (exemples : arbres, bâti) et des composants : de transmission de puissance (exemples : liens flexibles, engrenage), de guidage (exemples : roulements, paliers), de transformation de mouvement (exemples : came, bielle-manivelle) et de liaisons complètes (exemples : moyeux expansibles, vis).
COPI		Définir le lien entre les fonctions d'une pièce et sa cotation fonctionnelle (tolérances/ajustements/chaînes de cotes).
COPI		Modéliser des composants mécaniques en utilisant un modeleur volumique collaboratif.

Objectifs de notre projet « Fil rouge »:
Proposer une situation d'apprentissage et d'évaluation **en mode actif** dans laquelle l'étudiant va mettre en application (sur un exemple concret) les connaissances et compétences travaillées sur les séances antérieures.

UE COPI, Conception détaillée: Projet « Fil rouge »



Présentation générale du planning prévisionnel de l'UE

13 séances de 4h ED (hors adaptation PSI/MP/PC) + 2*4h TP CAO + 2 tests écrits

	0	1	2	3	4	5	6		7	8	9	10	11	12	13	
	S 37	S 38	S 39	S 40	S 41	S 42	S 43	S 44	S 45	S 46	S 47	S 48	S 49	S 50	S 51	S 52
	7-sept.	14-sept	21-sept	28-sept	05-oct	12-oct	19-oct	26-oct	02-nov	09-nov	16-nov	23-nov	30-nov	07-déc	14-déc	21-déc
CM															0h CM CAO	
Test							3								Test 3h (avec CAO)	
ED		4	4	4	4	4	4		4	4	4	4	4	4	2h safran + 2h	
		Schéma	Ajustement	Pivot (rlt/palier lisse)		Engrenages			VIS					Oral fin de projet 4+2		
Adapt PSI MP PC	16h															
Rendu Fil Rouge																
TP CAO 4H	TP CAO en autonomie						4						4			

Présentation projet « fil rouge »
Formation des binômes (pas de trinôme)
Donner le plan BAV à préparer

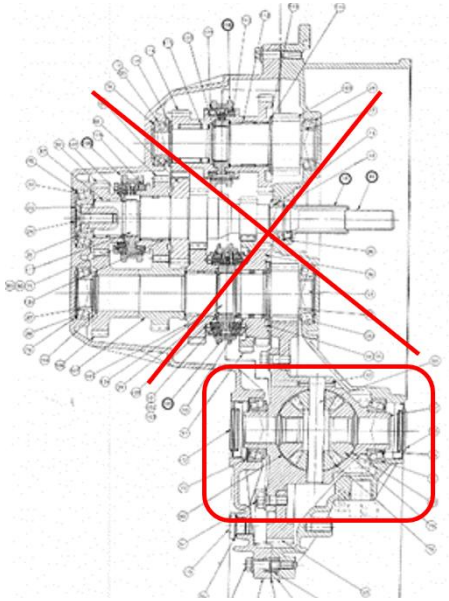
Projet « Fil rouge »

Démarrage
Projet fil rouge…
Attention, Test étape 1 début de

Présentation orale et revue de projet

Contexte industriel du projet:

Votre entreprise doit proposer un avant projet de conception d'un bloc (moteur, réducteur, différentiel) pour un petit véhicule citadin transformé en tout électrique… avant d'entamer la conception vous aurez à analyser le fonctionnement d'une boite de vitesse manuelle de la version avec moteur thermique.



Infos organisation:

A traiter par groupe de 2 étudiants… avec des rendus individuels ou en binôme
4 séances encadrées dédiées au projet fil rouge (hors présentation orale)
Ces séances pourront faire l'objet de rappel ou d'apport de connaissance si nécessaire
Les dates de rendus et d'évaluations seront précisées par l'enseignant

Etape 1: Analyse et modélisation d'une boite à vitesse pour moteur thermique (à préparer en autonomie)

Contexte, interacteurs, fonctions de service

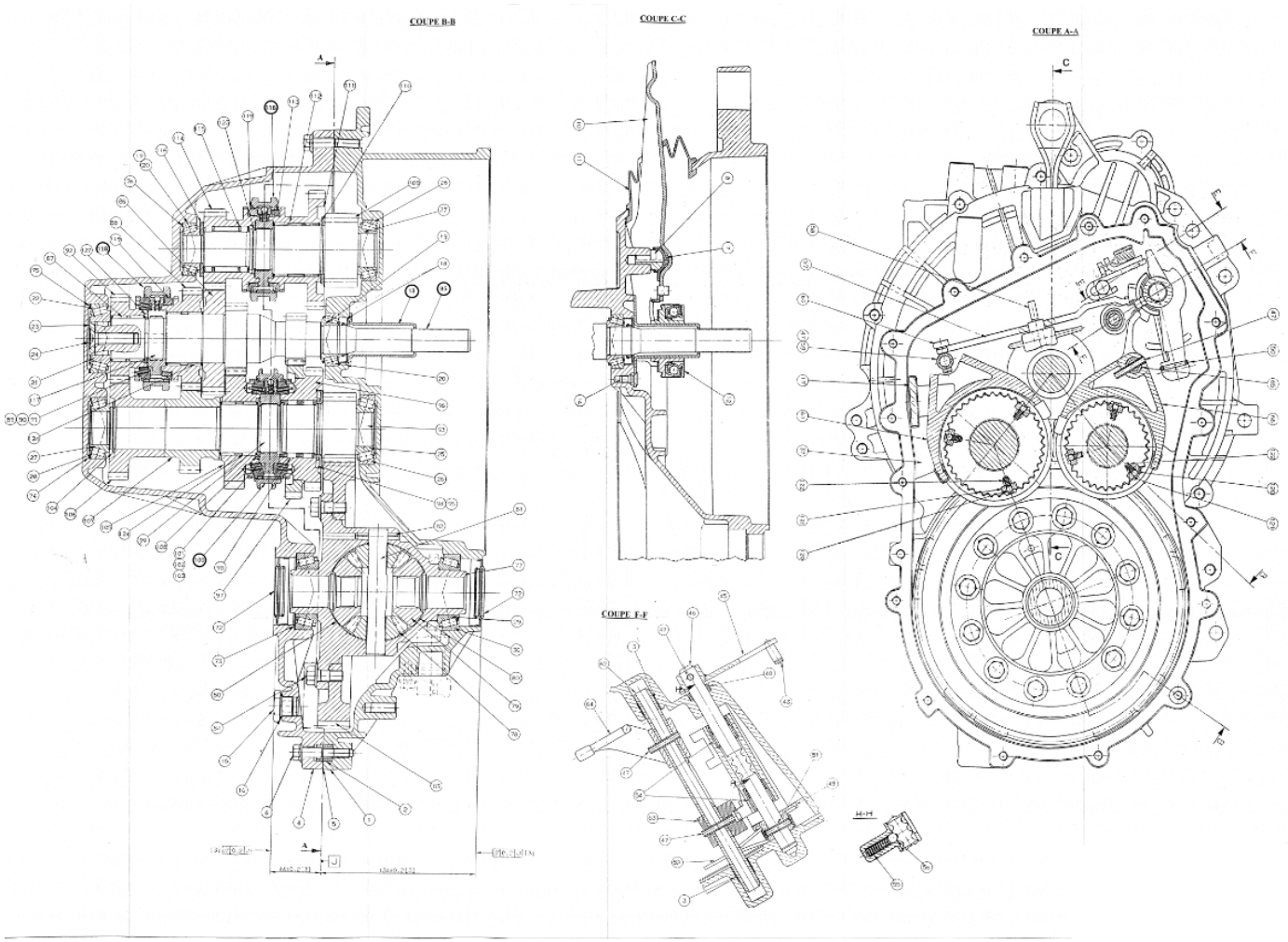
Identification de la chaîne d'énergie du moteur à la route!

Schématisation cinématique globale au point mort

Description du fonctionnement de chaque vitesse

Schématisation du différentiel et loi entrée sortie associée

Test écrit individuel en début de séance 1 (du projet fil rouge) sur l'analyse et la compréhension du fonctionnement du système original



BLOC 01 - Analyser et faire évoluer les produits, systèmes, biens et services à composante mécanique, énergétique et industrielle, à toutes les étapes de leur cycle de vie.

Etape 1

Maîtriser les principes physiques de dispositifs mécaniques, électriques, ou énergétiques en analysant leur fonctionnement dans le but d'améliorer leurs performances.

Connaître les composants et les évolutions des systèmes technologiques par observation et compréhension de leur fonctionnement pour qualifier et quantifier leurs performances techniques, économiques et environnementales.

Modéliser et simuler des structures ou systèmes physiques en effectuant les hypothèses adéquates afin d'effectuer un prédimensionnement, prédire un comportement ou faire un choix de matériaux, et constituer une partie des éléments du cahier des charges fonctionnelles.

Dimensionner un système en respectant des critères d'optimisation pour répondre aux exigences d'un cahier de charges fonctionnel.

Rechercher des solutions technologiques par analyse de l'existant (brevets, articles) pour les hiérarchiser à partir de critères pondérés.

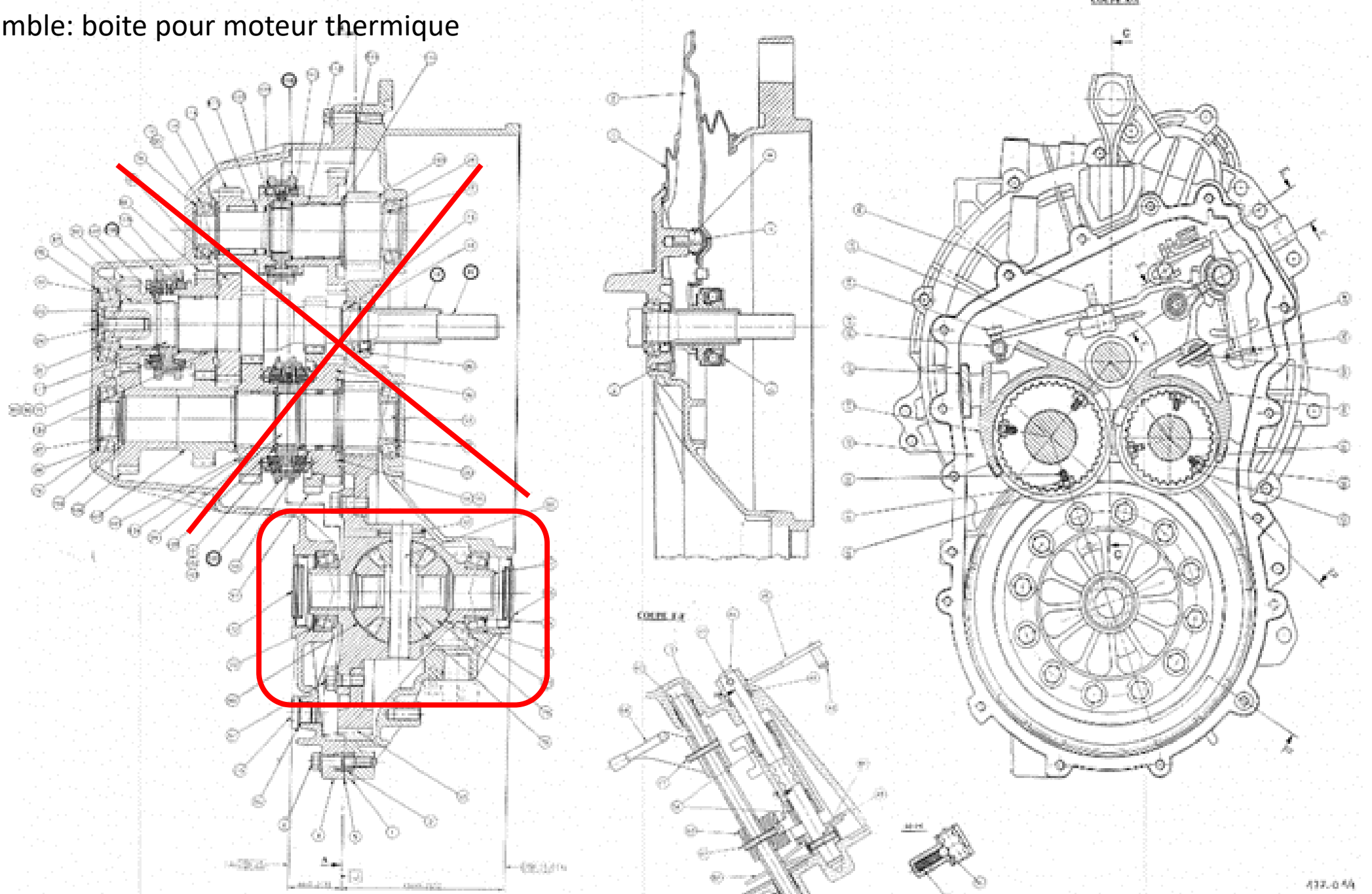
BLOC 02 - Imaginer, concevoir et formaliser des produits manufacturés, systèmes de production, biens et services de l'entreprise.

Rechercher, proposer et analyser les alternatives de solutions pour identifier les paramètres et caractéristiques influents et leurs limites (technologiques, physiques, économiques, environnementales…).

Modéliser et analyser les systèmes pour comprendre leur comportement et vérifier l'adéquation au cahier des charges.

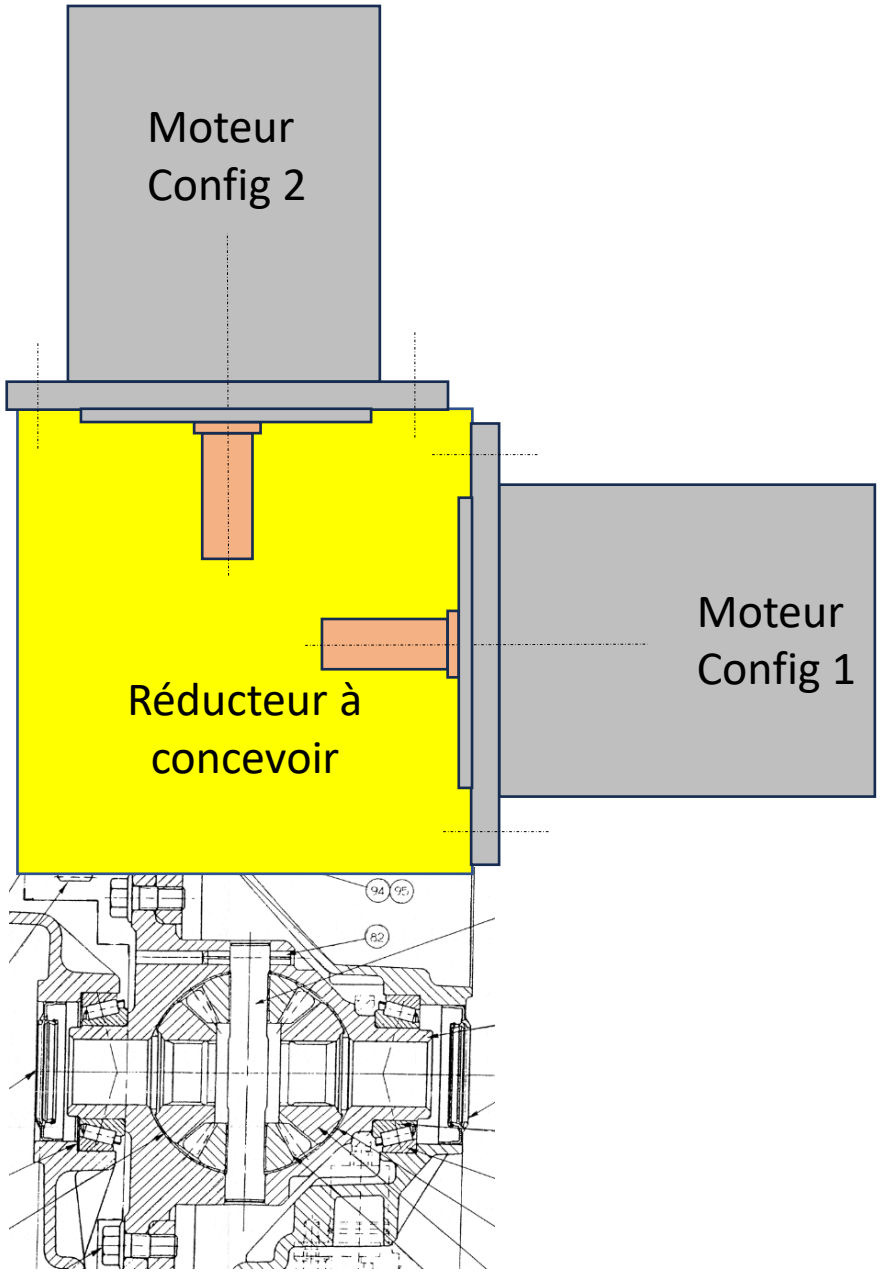
Choisir les solutions afin de répondre au cahier des charges et à des compromis de performances industrielles, sociétales et environnementales, en tenant compte des risques associés.

Vue ensemble: boite pour moteur thermique



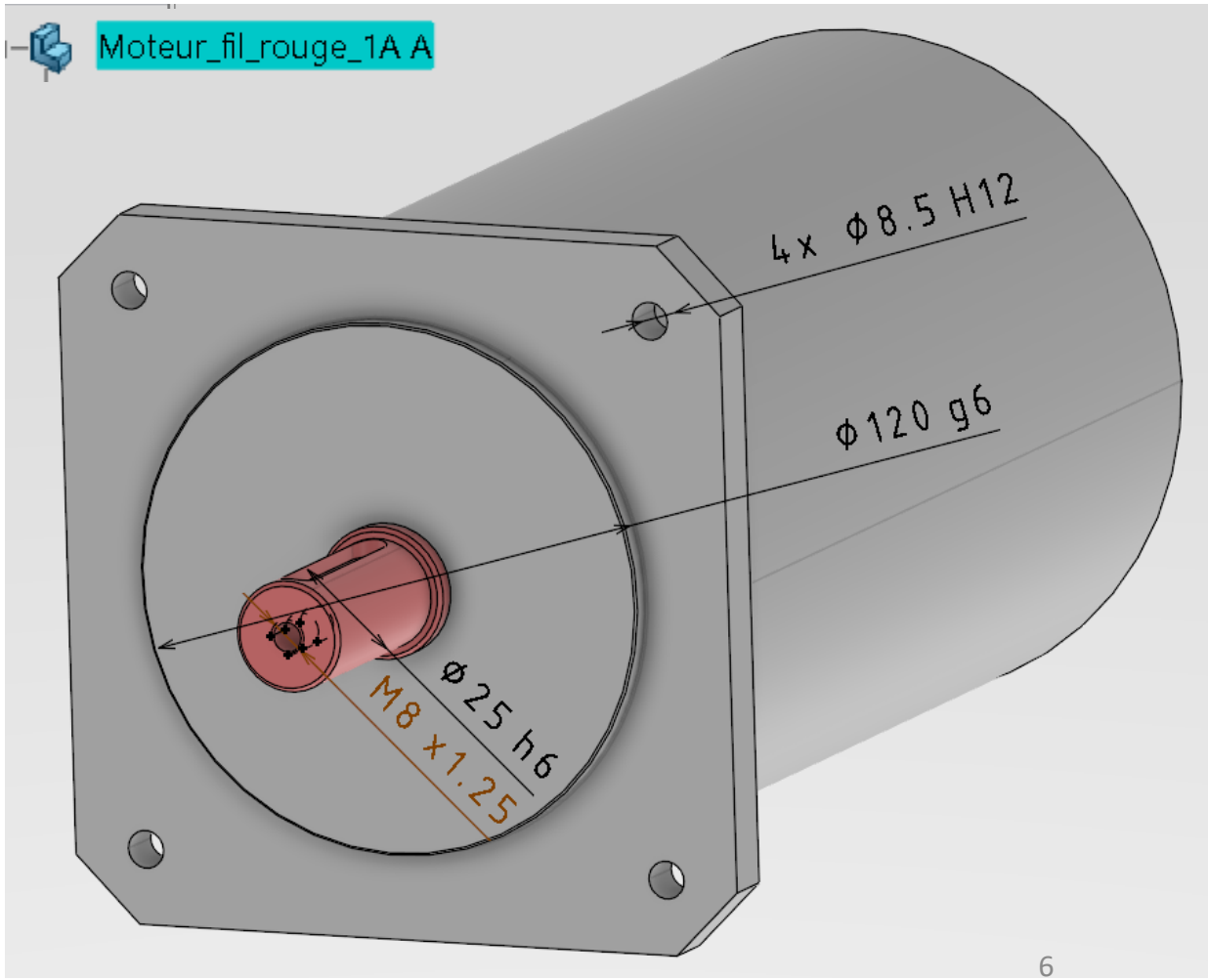
Différentiel à réutiliser

Annexes 2: Moteur électrique et différentiel à réintégrer



Différentiel à intégrer dans votre réducteur

Moteur électrique **à intégrer**,
Modèle CAO disponible. Propriétaire: paire



Etape 2: Recherche architecture pour transformation en véhicule électrique

Evolution en motorisation tout électrique

La boite à vitesse manuelle est transformée en réducteur double étage

Identifier la nouvelle chaine d'énergie du moteur électrique à la route

Proposer une architecture cinématique au réducteur à partir des contraintes ci-dessous:

2 étages de réduction (avec ou sans renvoi d'angle cf fichier répartition par groupe)

Le carter réducteur devra intégrer le moteur électrique (liaison complète démontable à concevoir)
Le rotor moteur ne peut pas supporter seul les actions mécaniques exercées sur le pignon d'entrée. Prévoir un guidage en rotation de l'arbre d'entrée.
Le réducteur devra intégrer le même type de différentiel que celui étudié sur la version boite à vitesse pour moteur thermique (échelle définie en annexe)

Prédimensionnement de la répartition de la réduction sur les 2 étages (vous pourrez réaliser une feuille Excel paramétrable)

Nombre de dents, modules, encombrements, architecture guidage, formes générales carter, dimensions générales approximatives, montage, démontage, lubrification, étanchéité…

Evaluation étapes 2 et 3:
Une synthèse écrite +
Evaluation orale en séance

Etape 3: Dimensionnement des guidages en rotation

Proposer une modélisation architecturale, un paramétrage et des hypothèses pour déterminer les actions mécaniques dans les roulements de l'arbre d'entrée et intermédiaire. (pour les calculs vous considérerez des dentures hélicoïdales β=15°)

Choisir les types de roulements à partir des contraintes dimensionnelles (critère torsion, diamètre mini)

Vérifier les durées de vie des roulements

Précisez les montages (croquis implantation, disposition des arrêts axiaux) et les ajustements…

Les calculs devront être présentés sous la forme d'une feuille Excel lisible et explicite.

Ces étapes pourront donner lieu à plusieurs itérations!

Critères d'évaluation des étapes 2 et 3

Modélisation Architecturale détaillée, paramétrée, étagement réduction…	Modèle, hypothèse, Méthode, Calculs action méca arbre 1	Choix roulement, type durée de vie, montage, arrêts, ajustements, accouplement moteur…	Modèle, hypothèse, méthode, Calculs action méca arbre 2	Choix roulement, type durée de vie, montage, arrêts, ajustements…	Schéma technologique global… vues 3D, intégration contraintes…	Feuille Excel, lisibilité, associativité des calculs (appréciations générales)	Remarques générales, comportement, assiduité

BLOC 01 - Analyser et faire évoluer les produits, systèmes, biens et services à composante mécanique, énergétique et industrielle, à toutes les étapes de leur cycle de vie.

Etape 1

Maîtriser les principes physiques de dispositifs mécaniques, électriques, ou énergétiques en analysant leur fonctionnement dans le but d'améliorer leurs performances.

Connaître les composants et les évolutions des systèmes technologiques par observation et compréhension de leur fonctionnement pour qualifier et quantifier leurs performances techniques, économiques et environnementales.

Etape 2

Modéliser et simuler des structures ou systèmes physiques en effectuant les hypothèses adéquates afin d'effectuer un prédimensionnement, prédire un comportement ou faire un choix de matériaux, et constituer une partie des éléments du cahier des charges fonctionnelles.

Dimensionner un système en respectant des critères d'optimisation pour répondre aux exigences d'un cahier de charges fonctionnel.

Rechercher des solutions technologiques par analyse de l'existant (brevets, articles) pour les hiérarchiser à partir de critères pondérés.

BLOC 02 - Imaginer, concevoir et formaliser des produits manufacturés, systèmes de production, biens et services de l'entreprise.

Etape 3

Rechercher, proposer et analyser les alternatives de solutions pour identifier les paramètres et caractéristiques influents et leurs limites (technologiques, physiques, économiques, environnementales…).

Modéliser et analyser les systèmes pour comprendre leur comportement et vérifier l'adéquation au cahier des charges.

Choisir les solutions afin de répondre au cahier des charges et à des compromis de performances industrielles, sociétales et environnementales, en tenant compte des risques associés.

Etape 4: Conception sur papier (conception individuelle)

Proposer en plusieurs vues un dessin d'ensemble de votre conception (avec ajustements et conditions fonctionnelles)

Prévoir montage démontage, lubrification, étanchéité….

Minimiser l'encombrement

Rédiger une nomenclature en suivant le standard proposé

N° d'élémen	Quantité	Titre	Description/référence/fournisseur	Matière/tth/ts
1	1	XXXX23_1_roulement	6304 2RS, SNR	-
2	4	XXXX23_1_vis_fixation	Vis CHC M10*50 qualité 8.8	-
3	2	XXXX23_1_bati	-	Acier S235
4	1	XXXX23_1_chariot-mobile	-	-
5	4	XXXX23_1_arbre-rotor	-	-

Un plan d'ensemble par étudiant (au crayon, si possible échelle 1) …

(1 critère d'évaluation sur le niveau des différences dans le binôme!)

Attention 1 liaison frettée à concevoir et à dimensionner (étape 5) voir vidéo Savoir (partie frettage dans le test)

Attention prévoir des vues pour définition des formes du carter (vues complémentaires 3D ou planes… nécessaires!)

Un montage de roulement à contact oblique est conseillé (pour mise en application méthode avant test)

BLOC 01 - Analyser et faire évoluer les produits, systèmes, biens et services à composante mécanique, énergétique et industrielle, à toutes les étapes de leur cycle de vie.

Etape 1

Maîtriser les principes physiques de dispositifs mécaniques, électriques, ou énergétiques en analysant leur fonctionnement dans le but d'améliorer leurs performances.

Connaître les composants et les évolutions des systèmes technologiques par observation et compréhension de leur fonctionnement pour qualifier et quantifier leurs performances techniques, économiques et environnementales.

Etape 2

Modéliser et simuler des structures ou systèmes physiques en effectuant les hypothèses adéquates afin d'effectuer un prédimensionnement, prédire un comportement ou faire un choix de matériaux, et constituer une partie des éléments du cahier des charges fonctionnelles.

Dimensionner un système en respectant des critères d'optimisation pour répondre aux exigences d'un cahier de charges fonctionnel.

Etape 5

Rechercher des solutions technologiques par analyse de l'existant (brevets, articles) pour les hiérarchiser à partir de critères pondérés.

BLOC 02 - Imaginer, concevoir et formaliser des produits manufacturés, systèmes de production, biens et services de l'entreprise.

Rechercher, proposer et analyser les alternatives de solutions pour identifier les paramètres et caractéristiques influents et leurs limites (technologiques, physiques, économiques, environnementales…).

Etape 3

Modéliser et analyser les systèmes pour comprendre leur comportement et vérifier l'adéquation au cahier des charges.

Etape 4

Choisir les solutions afin de répondre au cahier des charges et à des compromis de performances industrielles, sociétales et environnementales, en tenant compte des risques associés.

Etape 5: Dimensionnement et optimisation

Optimiser l'étage à denture droite de votre réducteur (équilibrer le facteur ALMEN, dimensionner à la pression de contact)
Vérifier la liaison vissée de la roue dentée sur la couronne de différentiel
Dimensionner les frettages des pignons de l'arbre intermédiaire (frettage sur portée cylindrique)
Faire les autres vérifications jugées pertinentes…

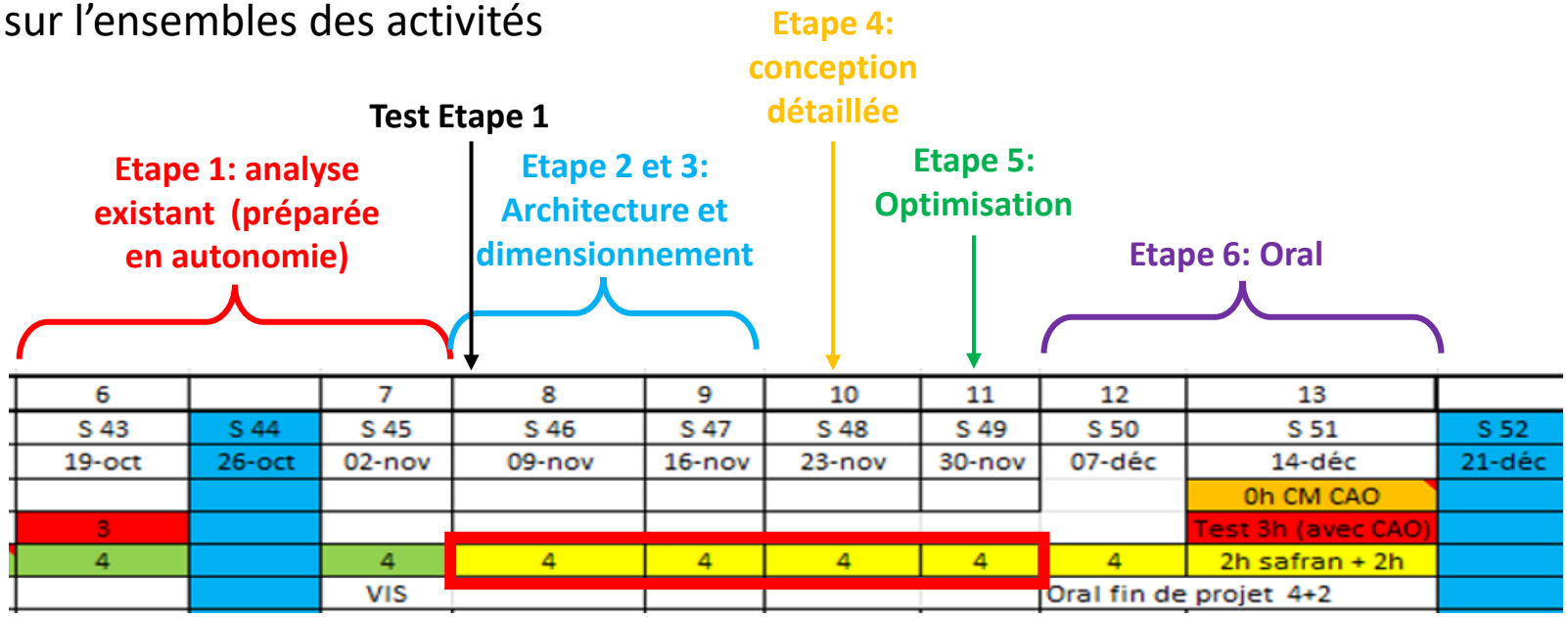
Livrable étapes 5: Une synthèse

Etape 6: Présentation orale et revue de projet en binôme

10 min maxi de présentation principalement des étapes 4 et 5
- Synthèse du travail réalisé
- Bilan compétences

10 à 15 min des questions sur l'ensembles des activités

Bilan planning



Bilan Rendu et Evaluations:

Etape 1: Test individuel écrit sur fonctionnement de la boite à vitesse originale en début de séance 1

Etapes 2 et 3: Rapport de synthèse sur recherche d'architecture et dimensionnement des guidages en rotation (4 feuilles maxi principalement manuscrites) et Evaluation orale en séance à partir de la grille d'évaluation proposée

Etape 4: Rendu conception individuel (mise en plan + nomenclature)

Etape 5: Rapport de synthèse sur dimensionnement et optimisation: engrenages, frettage, liaison vissée (3 feuilles maxi manuscrites avec éventuellement des annexes numériques)

Etape 6: Présentation orale et revue de projet en binôme à partir des différents rendus.

Sauf indication contraire de l'enseignant les rendus sont à rendre en fin de séance

Place du fil rouge dans l'UE COPI conception détaillée

Coefficient 6/16

Test 1 (version PSI/PT)*		3
Test 2		3
Fil rouge, étape 1 (test analyse BAV)		1
Fil rouge, étape 2 &3 (synthèse + oral)		1
Fil rouge, étape 4 (plan papier)		1
Fil rouge, étape 5 (synthèse optimisation)		1
Fil rouge, étape 6 (oral)		2
TP CAO (test, note de TP, travail autonome)		2
Note CC (rendu/forms/mini tests, ABS…)		2
		16

Bilan par rapport à la Grille SAAE

Domaine de Vérification	Critères d'Évaluation	Éléments de preuve possibles	Pistes d'amélioration
I. Authenticité et Contexte			
Authenticité de la situation :	Le contexte est-il représentatif d'une situation professionnelle réelle, telle que définie dans les métiers cibles, type d'emploi et secteurs d'activités du diplôme (fiche RNCP)? Des professionnels ou des partenaires extérieurs sont-ils impliqués ?	**OUI, contexte automobile**	
Problématique signifiante :	L'activité est-elle centrée sur un problème à résoudre, une question à traiter, ou une production à réaliser qui fait sens pour l'apprenant ?	**OUI, contexte automobile**	
Recommandation ELF	Ancrage dans l'ELF : quelles sont les cellules ELF mobilisées dans la SA ?	Non	

II. Activités et Compétences			
Tâches complexes :	Les activités exigent-elles des choix, des décisions, et ne se limitent-elle pas à l'application de techniques / solutions préétablies ?	**Oui**	
Mobilisation des ressources :	L'activité nécessite-t-elle la mobilisation et l'application de ressources internes et/ou externes ?	**Oui**	
Mobilisation des ressources :	L'activité exige-t-elle des nouveaux apprentissages ? si oui des temps dédiés pour les acquérir sont-ils bien prévus ?	**Non assez peu si…**	
Ciblage de l'ensemble de la compétence :	Quels blocs de compétences / compétences sont ciblés/ à quel niveau (cf doc PGE_compétences_blocX)	**Bloc 01 Bloc 02**	
Pluridisciplinarité	**:** la SA mobilise-t-elle plusieurs champs disciplinaires ?		
intégration explicite d'enjeux TEDS	***une ou plusieurs activités répondant à la labellisation TEDS sont-elles prévues***	Non?	
Rôle/implication de l'étudiant	'activité permet-elle de rendre l'étudiant acteur de ses apprentissages dans le cadre d'une pédagogie active ?	**Oui**	

III. Déroulement Pédagogique			
Phase de préparation :	La problématique est-elle présentée au début dans la SA, avec activation des connaissances antérieures et établissement du plan de travail ?	Oui	
Phase de réalisation :	L'enseignant accompagne-t-il la réalisation de l'activité par l'étudiant, propose-t-il des activités d'apprentissage et aménage-t-il des moments de rétroaction ? l'encadrement permet-il un degré d'autonomie en adéquation avec le niveau de la compétence ciblée.	Oui	
Phase d'intégration :	L'activité prévoit-elle une synthèse des apprentissages, une prise de recul réflexif et le transfert vers d'autres situations.	Oui, oral de fin de projet en binôme	

Bilan par rapport à la Grille SAE

IV. Évaluation			
Évaluation intégrée :	L'activité peut-elle servir à l'évaluation et / ou à apporter des preuves d'acquisition des compétences ?	Oui	
Utilisation de critères d'évaluation	l'évaluation est-elle bien définie dans le cadre des modalités et critères définis dans la fiche syllabi ou pour chaque bloc de compétences ?	Oui ?	
Individualisation de l'évaluation :	Même en cas de travail de groupe, l'évaluation est-elle bien individuelle ?	En partie	
Traçabilité des compétences	L'activité permet-elle de réaliser des productions qui peuvent servir de preuve à consigner dans le portfolio de l'étudiant ?	Oui	

Annexe 1:

Contraintes et Données techniques:

Rapport de réduction: A calculer

Avec renvoi angle ou pas (suivant les groupes config 1 ou config 2)

Couple nominale moteur en continu (à la vitesse max): 50 Nm

Couple maximale moteur (à faible vitesse): 100 Nm

Vitesse maximale véhicule: 75 km/h (vitesse moyenne 40 km/h)

Vitesse maximale moteur: 4500 tour/min

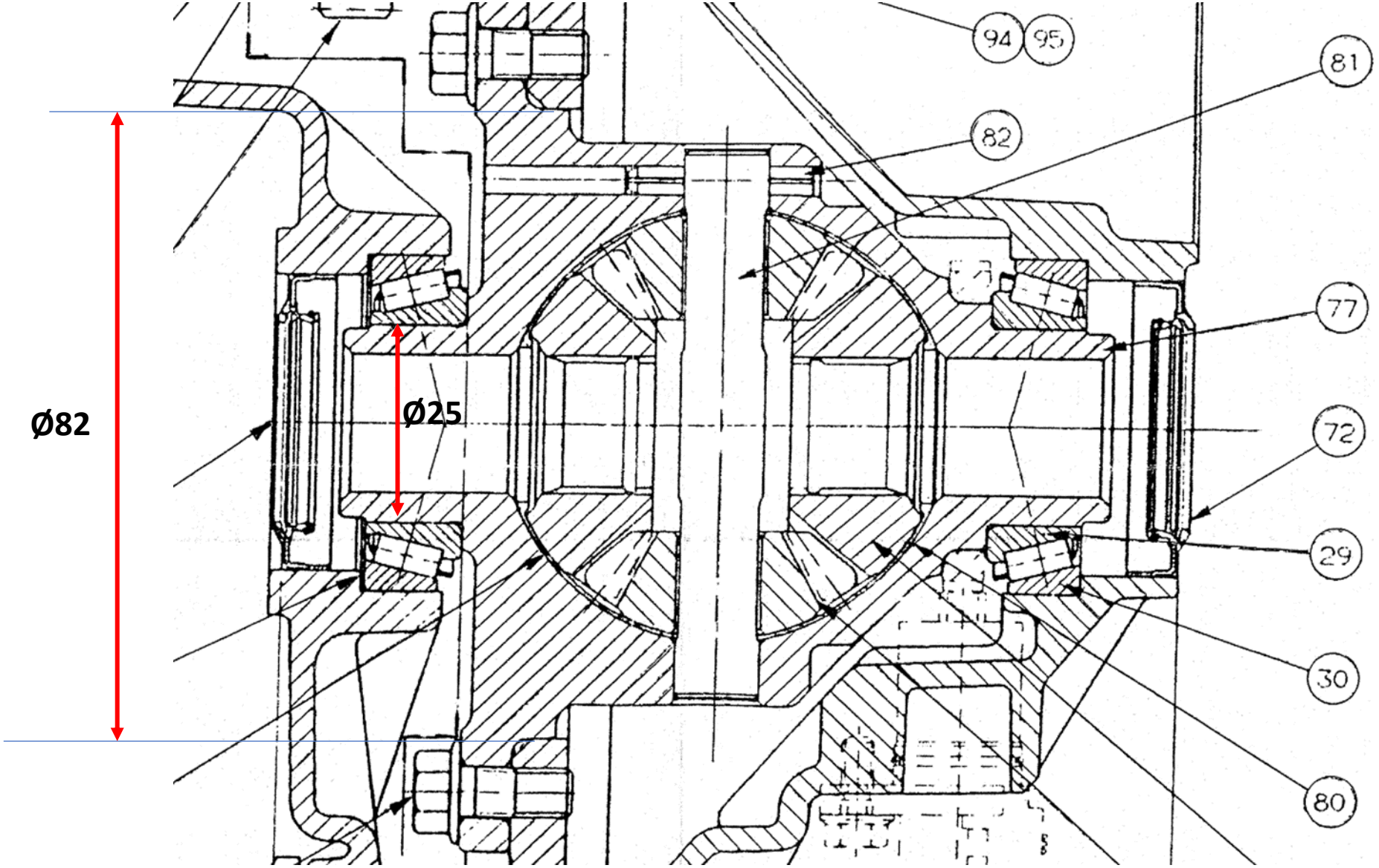
Diamètre des pneus : 568mm (pneu 155/65 R14)

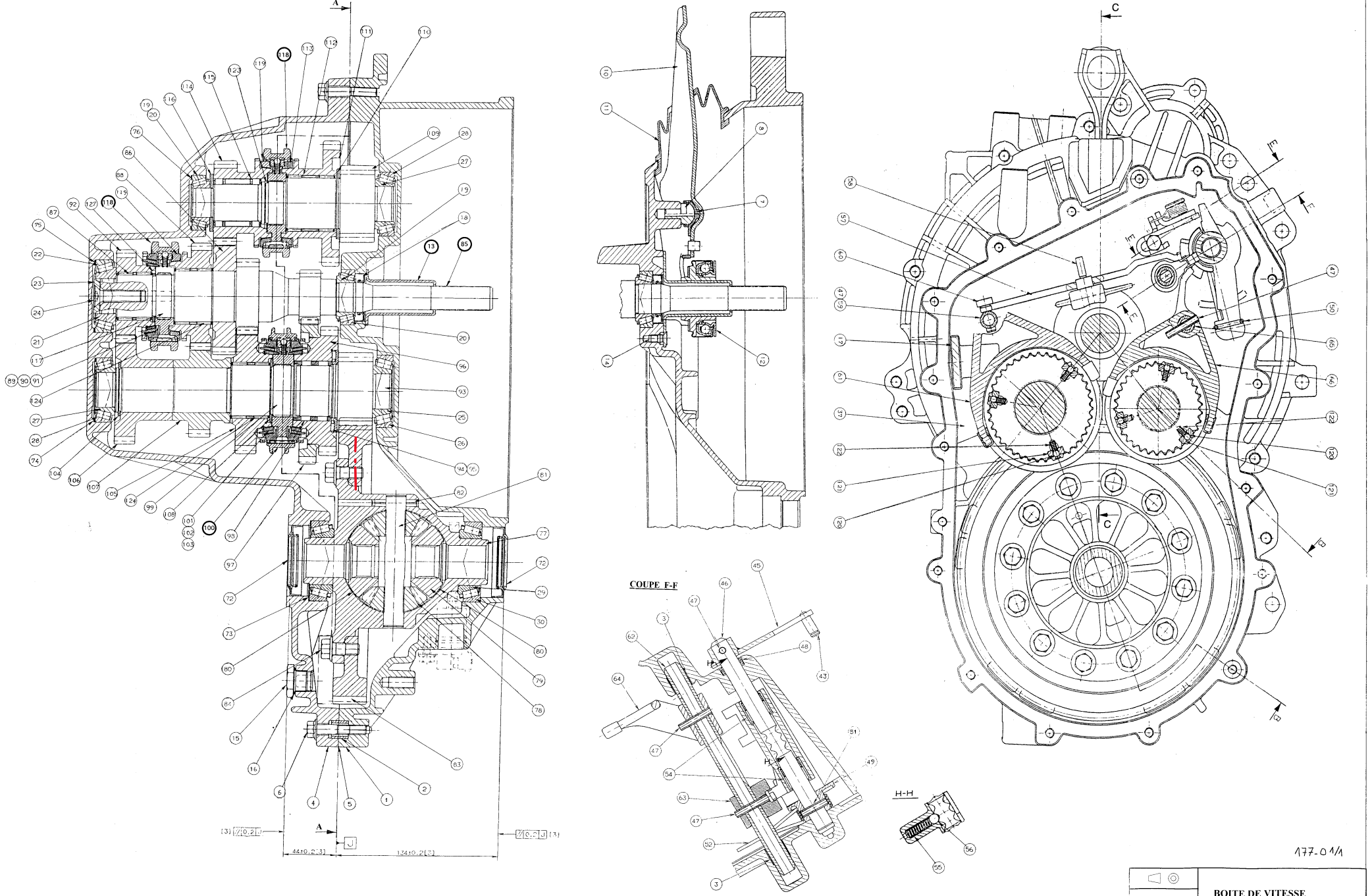
La production est en série, réalisation de pignons spécifique possible (modules standard)

Prévoir les points de suspension isostatique du bloc moteur/réducteur

Durée de vie mini des composants à 90% de survie: 150 000 km

Echelle du différentiel à intégrer dans votre réducteur




COUPE F-F
H-H
177-01/1
BOITE DE VITESSE
Ech. : 1/1