

BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE

Sciences et Technologies de l'Industrie et du Développement Durable

INGÉNIERIE, INNOVATION ET DÉVELOPPEMENT DURABLE

ARCHITECTURE ET CONSTRUCTION

Coefficient 16

Durée : 20 minutes -1 heure de préparation

Aucun document autorisé – Calculatrice autorisée

Constitution du sujet :

- **Dossier de Présentation** Pages 2 à 3
- **Dossier de Travail Demandé** Pages 4 à 5
 - Partie relative aux enseignements communs Page 4
 - Partie relative à l'enseignement spécifique Page 5
- **Dossier Technique et Ressource** Pages 6 à 10

Rappel du règlement de l'épreuve

L'épreuve s'appuie sur une étude de cas issue d'un dossier fourni au candidat par l'examineur et présentant un produit pluritechnologique.

Un questionnaire est remis au candidat avec le dossier en début de la préparation de l'épreuve. Il permet de résoudre une problématique technologique (sans entraîner le développement de calculs mathématiques importants) afin d'évaluer des compétences et connaissances associées, de la partie relative aux enseignements communs et propres à l'enseignement spécifique choisi par le candidat lors de son inscription.

Pendant l'interrogation, le candidat dispose de 10 minutes pour exposer les conclusions de sa préparation avant de répondre aux questions de l'examineur, relatives à la résolution du problème posé.

Baccalauréat Sciences et Technologies de l'Industrie et du Développement Durable – STI2D		Session 2023
Ingénierie, innovation et développement durable - oral de contrôle	Code : 2023-13-AC	Page 1 / 10

DOSSIER DE PRÉSENTATION

Pôle Gare de la ville d'Hazebrouck

Mise en situation

La gare d'Hazebrouck est un point de passage important avec 1,7 millions de voyageurs par an, ce qui en fait la 6^{ème} gare des Hauts de France.

Mais elle rencontre de nombreux problèmes qui freinent son développement depuis plusieurs années :

- difficultés de stationnement à proximité de la gare ;
- accessibilité difficile aux différents quais pour les personnes à mobilité réduite (P.M.R.) ;
- vétusté de la passerelle piétonne qui passe au-dessus des voies.

La C.C.F.I. (Communauté de Communes de Flandre Intérieure) bien consciente du problème a décidé d'y remédier grâce à un projet global de rénovation du pôle gare, étalé sur 4 ans (2021-2024).

Ce projet de grande envergure (30 M€ d'investissement) s'articule autour de deux éléments majeurs (figure 1) :

- création d'un parking de 551 places sur le site d'un terrain vague ;
- installation d'une nouvelle passerelle piétonne.

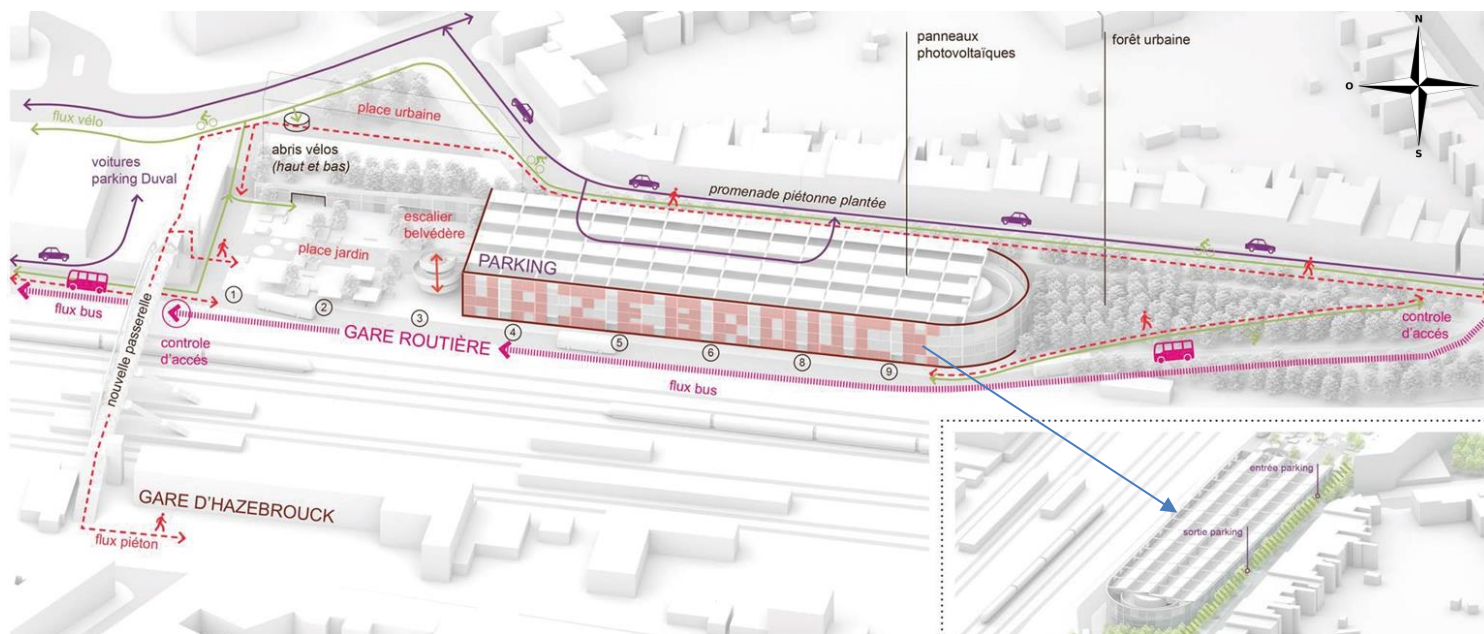


Figure 1 : vue d'ensemble du projet

L'objectif principal du projet est de favoriser le recours aux transports collectifs et aux mobilités actives. En favorisant l'accessibilité à la gare, la C.C.F.I. espère encourager les déplacements en train à l'échelle du territoire régional et redynamiser le territoire.

Très attendu par les usagers, le parking silo (figure 2) devrait entrer en service au mois d'août 2024. Il s'agit d'un parking silo sur 4 étages de 551 places qui sera sécurisé par un système de contrôle d'accès et de la vidéosurveillance.

Un affichage dynamique permettra aussi de faciliter l'usage (signalisation des places disponibles) et de faire le lien avec les offres de transport du pôle gare (train, bus).

De plus, le dernier étage du parking sera recouvert par des ombrières couvertes de panneaux photovoltaïques (voir figure 3).



Figure 2 : image virtuelle du futur parking silo



Figure 3 : ombrières photovoltaïques

La passerelle piétonne (figure 4), inaugurée en octobre 2022, surplombe les voies ferrées. Elle remplace la passerelle en béton construite en 1924 et détruite en 2021. Cette nouvelle passerelle permet la connexion entre le centre historique de la ville, au sud de la voie ferrée où se situe la gare, et l'urbanisation au nord où se trouve la gare routière et le parking silo.

Cette passerelle métallique de type bow-string, non couverte, mesure 75 mètres de long et 3,5 mètres de large et répond aux normes P.M.R.

L'accès aux différents quais est possible directement depuis la passerelle par un escalier ou un ascenseur.



Figure 4 : photo de la passerelle piétonne

Problématique

L'objectif de cette étude est d'une part de valider les aspects développement durable du projet, et d'autre part de vérifier le choix de câbles du constructeur de la passerelle.

Baccalauréat Sciences et Technologies de l'Industrie et du Développement Durable – STI2D	Session 2023
Ingénierie, innovation et développement durable - oral de contrôle	Code : 2023-13-AC
	Page 3 / 10

DOSSIER DE TRAVAIL DEMANDÉ

Partie relative aux enseignements communs

Question 1 **Rappeler** les trois piliers du développement durable.

Identifier pour au moins deux de ces piliers, un élément qui montre que la rénovation du pôle gare respecte ceux-ci.

Question 2 À l'aide du Tableau 1 du DTR2, **relever** la valeur de quantité d'énergie solaire moyenne récupérable sur une journée, par m² de panneaux, pour l'inclinaison choisie dans le projet, indiquée sur la figure 5 du DTR1.

DTR1

DTR2

Calculer la surface totale des panneaux solaires.

En **déduire** la quantité totale d'énergie solaire récupérable totale sur une année pour toute l'installation photovoltaïque.

Pour la suite de l'étude, l'énergie solaire récupérable par l'installation photovoltaïque est considérée égale à 3 700 000 kW·h par an.

Le rendement des panneaux solaires utilisés dans le projet est de 19,1%.

Question 3 **Expliquer** la notion de rendement dans le contexte des panneaux solaires.

Calculer la quantité d'énergie électrique annuelle produite par l'installation photovoltaïque.

La consommation moyenne annuelle d'électricité d'un foyer français est de 4 700 kW·h.

Question 4 **Déterminer** le nombre de foyers qui pourraient être alimentés en électricité grâce à cette installation, sachant que l'installation produit 707 000 kW·h par an.

DTR3

Valider le respect de l'exigence correspondante du DTR3.

Baccalauréat Sciences et Technologies de l'Industrie et du Développement Durable – STI2D		Session 2023
Ingénierie, innovation et développement durable - oral de contrôle	Code : 2023-13-AC	Page 4 / 10

Partie relative à l'enseignement spécifique

Le DTR4 présente en détail la structure de la passerelle piétonne.

La suite de l'étude porte sur la travée centrale de la passerelle. Cette travée est composée du tablier, des arches lumineuses et des garde-corps.

Question 5 **Déterminer** la masse globale (en kg) de la travée à l'aide des données du tableau 2 du DTR4.

DTR4

En **déduire** la charge permanente G (en kN) correspondant à la masse globale.

Question 6 **Relever** la charge d'exploitation surfacique (en kN·m²) correspondant à la passerelle dans le tableau 3 du DTR5.

DTR4

DTR5

En **déduire** la charge d'exploitation totale Q (en kN) pour la travée.

En tenant compte de la charge permanente G, de la charge d'exploitation Q et des charges climatiques S et W, les concepteurs ont déterminé que la charge globale de la travée à l'État Limite Ultime (E.L.U.) est de 4 700 KN.

La répartition de cette charge est supposée uniforme entre les différents haubans (référence : M30 avec la nuance d'acier S520) de la structure.

Question 7 **Déterminer** la charge reprise à l'E.L.U. pour un seul hauban.

DTR4

DTR6

Calculer la contrainte dans le hauban à l'aide des données du tableau 4 du DTR6 et d'après la formule ci-dessous :

$$\sigma = F / S$$

σ : contrainte en MPa

F : force exercée en N

S : section de câble en mm²

Question 8 **Expliquer** la notion de limite élastique.

DTR6

Vérifier le bon dimensionnement des haubans pour l'E.L.U., à l'aide des données du tableau 5 du DTR6 et en sachant que la contrainte maximale est de 293 MPa.

Pour observer l'allongement du hauban, l'État Limite de Service (E.L.S.) est considéré, avec une charge appliquée globale de 3 300 KN.

Le hauban le plus long a une longueur de 9,8 m.

Question 9 **Relever** l'allongement maximal de ce hauban à l'E.L.S. sur le DTR7.

DTR7

DTR3

Valider le respect de l'exigence correspondante du DTR3.

Question 10 **Conclure** sur l'intérêt du projet au niveau du développement durable et sur la pertinence dans le choix des câbles.

Baccalauréat Sciences et Technologies de l'Industrie et du Développement Durable – STI2D		Session 2023
Ingénierie, innovation et développement durable - oral de contrôle	Code : 2023-13-AC	Page 5 / 10

DOSSIER TECHNIQUE ET RESSOURCE

DTR1 : détails de l'installation des ombrières photovoltaïques

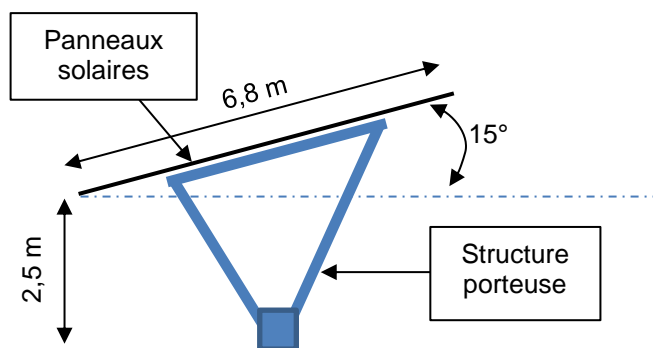


Figure 5 : vue de côté de l'ombrière

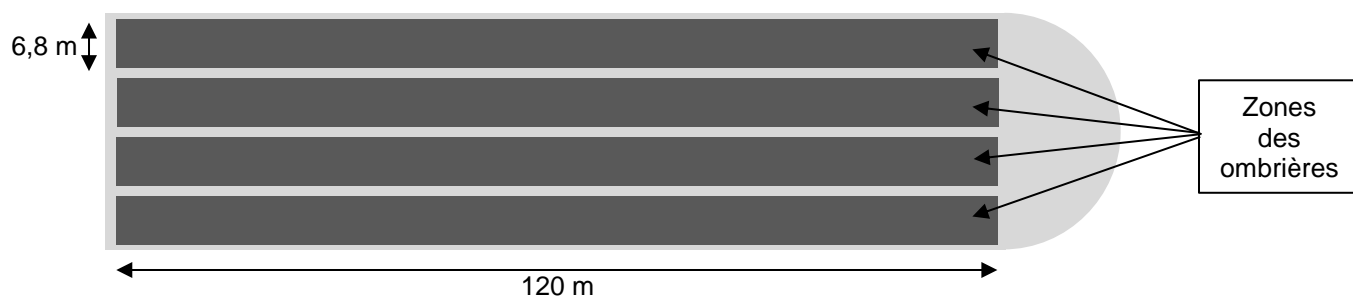


Figure 6 : plan de la toiture du parking

DTR2 : irradiation solaire journalière à Hazebrouck suivant l'inclinaison des panneaux

Mois	Irradiation solaire journalière (en kW-h-m ²)			
	Inclinaison 0°	Inclinaison 15°	Inclinaison 30°	Inclinaison 45°
Janvier	0,7	0,86	0,98	1,06
Février	1,34	1,56	1,72	1,8
Mars	2,47	2,75	2,92	2,95
Avril	3,89	4,1	4,14	4,01
Mai	4,9	4,96	4,84	4,53
Juin	5,53	5,49	5,28	4,87
Juillet	5,09	5,1	4,93	4,58
Août	4,29	4,45	4,44	4,24
Septembre	3,18	3,52	3,69	3,7
Octobre	1,82	2,16	2,4	2,53
Novembre	0,88	1,09	1,25	1,35
Décembre	0,55	0,69	0,8	0,88
Moyenne	2,89	3,07	3,12	3,05

Tableau 1 : irradiation solaire journalière à Hazebrouck

DTR3 : extrait du diagramme des exigences du projet

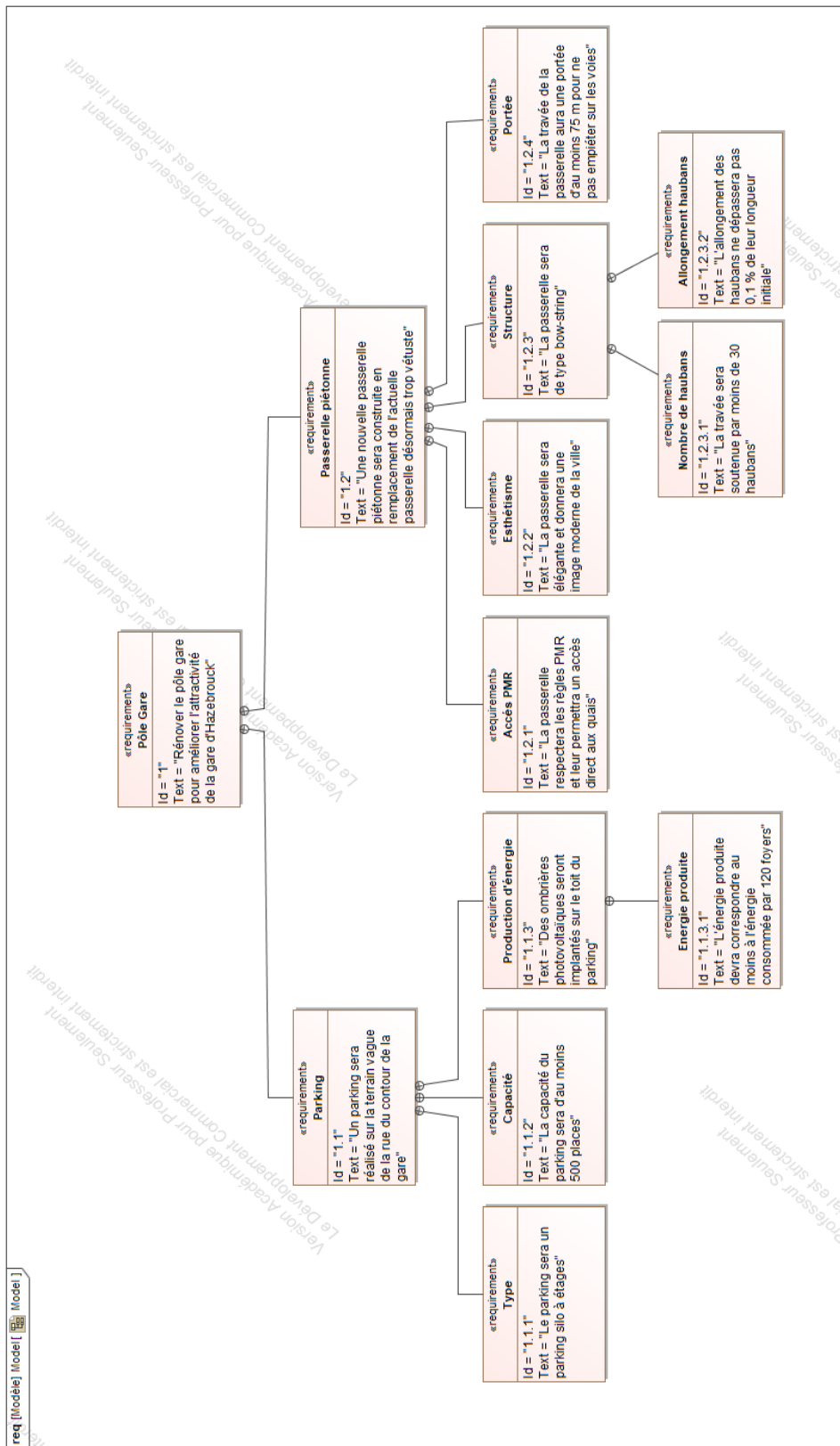


Figure 7 : diagramme des exigences

DTR4 : détails de la passerelle

La structure porteuse de la passerelle (figure 8) est composée de trois éléments majeurs :

- la travée (qui regroupe le tablier, les arches lumineuses et les garde-corps) ;
- les haubans (24 câbles métalliques) ;
- l'arc métallique.

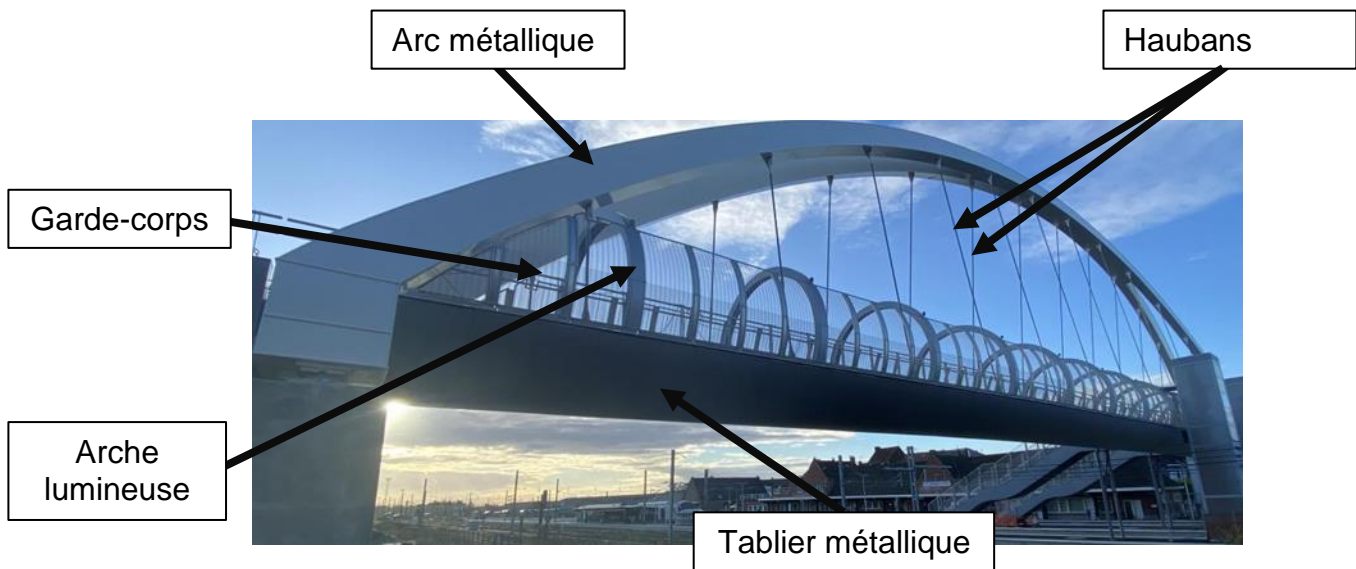


Figure 8 : photo de la passerelle piétonne

La travée a une largeur de 3,5 m et sa portée est de 75 m. Sa composition est détaillée dans le tableau 2.

Masse des composants de la travée		
Élément	Quantité	Masse
Tablier métallique	1	180 000 kg
Arches lumineuse	14	180 kg / arche
Garde-corps	150 ml*	15 kg.ml ⁻¹

* ml : mètre linéaire

Tableau 2 : masse des composants de la travée

La passerelle est de type bow-string, cela signifie que le poids de la travée est repris par les 24 haubans (référence : M30 avec la nuance d'acier S520).

Ces haubans reportent ensuite cette charge au niveau de l'arc métallique.

Ce type de structure permet de limiter la flexion au niveau de la travée.

DTR5 : charges d'exploitation surfacique en fonction de l'usage

Catégorie		Q _k (en kN·m ⁻²)
A – Logements	Plancher / Terrasse	1,5
	Balcon	2,5
	Escalier	3,5
B – Bureaux		2,5
C – Espaces publics	C1 : Espaces équipés de tables : écoles, restaurants, ...	2,5
	C2 : Espaces équipés de sièges fixes : théâtres, cinémas, ...	4
	C3 : Salles de musées, bâtiments publics et administratifs, ...	4
	C4 : Espaces permettant des activités physiques : salles de gymnastique, scènes, ...	5
	C5 : Espaces susceptibles d'accueillir des foules importantes : salles de concert, quais de gare, passerelles ...	5
D – Commerces	D1 : Commerces de détails courant	5
	D2 : Grands magasins	5

Tableau 3 : charges d'exploitation en fonction de l'usage

DTR6 : caractéristiques des haubans

Les haubans (voir figure 9) utilisés sont des câbles métalliques filetés équipés à chaque extrémité d'attaches permettant de les relier à la travée (en bas) et à l'arc métallique (en haut). Un connecteur permet un réglage en hauteur du hauban pour ajuster au mieux les haubans.

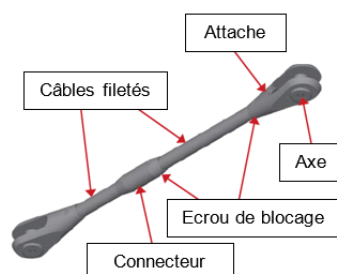


Figure 9 : structure du hauban

Référence	M16	M20	M24	M30	M36	M42	M48
Diamètre du câble (en mm)	15,2	19,2	23,2	29,2	35,2	41,2	47,2

Tableau 4 : référence de diamètre des câbles

Nuance d'acier	C520	C700	S520
Type d'acier	Acier au carbone	Acier au carbone	Acier inoxydable
Limite élastique (MPa)	520	700	520
Allongement minimum après rupture	17 %	15 %	25%
Résilience KV (J)	27 à -20°C	27 à 0°C	100 à +20°C

Tableau 5 : gammes de nuance d'acier des câbles

Baccalauréat Sciences et Technologies de l'Industrie et du Développement Durable – STI2D	Session 2023
Ingénierie, innovation et développement durable - oral de contrôle	Code : 2023-13-AC Page 9 / 10

DTR7 : simulation de l'allongement du hauban

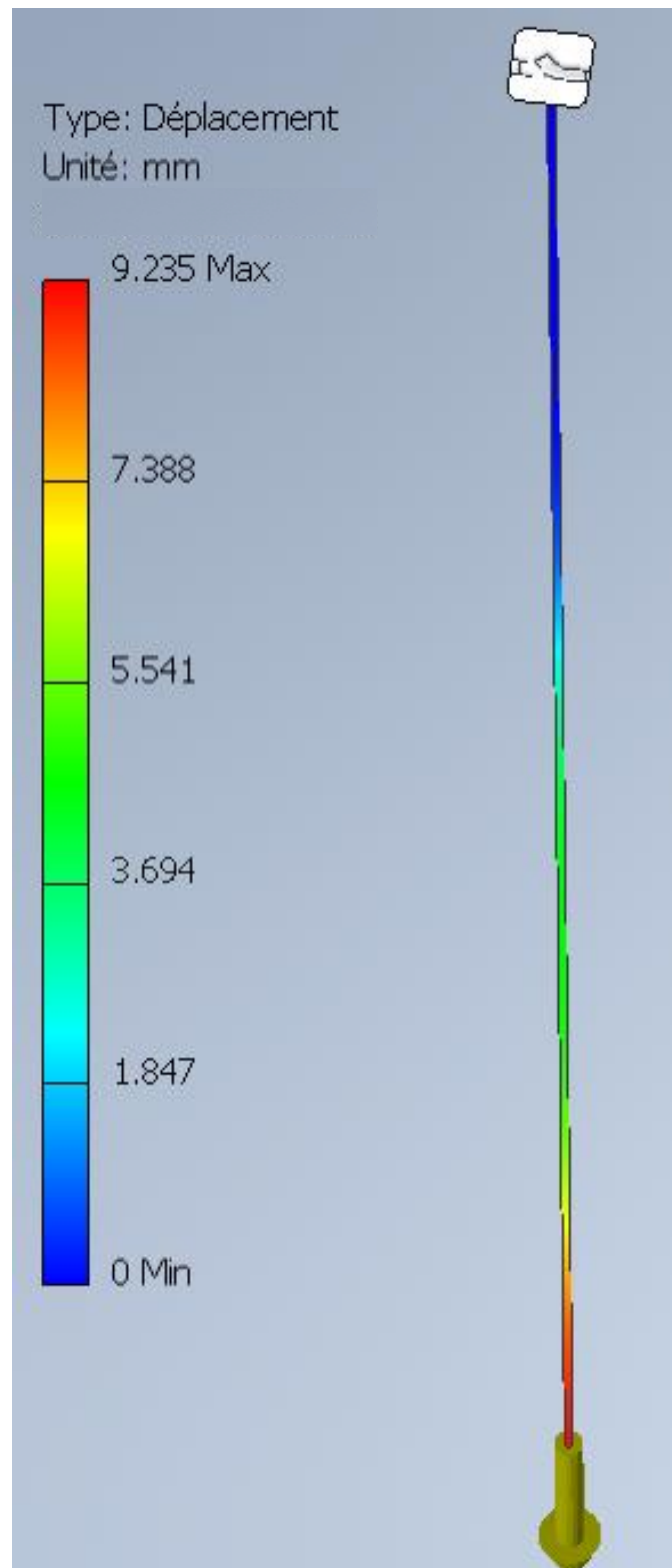


Figure 10 : résultat de la simulation numérique