

# BACCALURÉAT TECHNOLOGIQUE

## Sciences et Technologies de l'Industrie et du Développement Durable

### ENSEIGNEMENTS TECHNOLOGIQUES TRANSVERSAUX

Session 2015

Coefficient 8 – Durée 4 heures

Aucun document autorisé – Calculatrice autorisée



*Projet de pont transbordeur Jules Verne à Nantes*

### Constitution du sujet

- **Dossier Sujet** (*mise en situation et questions à traiter par le candidat*)
  - **PARTIE 1 (3 heures)** ..... Pages 2 à 9
  - **PARTIE 2 (1 heure)** ..... Page 10
- **Dossier Technique** ..... Pages 11 à 21
- **Documents Réponse** ..... Pages 22 à 24

**Le dossier sujet comporte deux parties indépendantes qui peuvent être traitées dans un ordre indifférent.**

**Les documents réponse DR1 à DR3 (pages 22 à 24) seront à rendre avec vos copies.**

Baccalauréat Sciences et Technologies de l'Industrie et du Développement Durable – STI2D	Session 2015
Enseignements technologiques transversaux	15ET2MLR1
	<b>Page 1 / 24</b>



## Le projet de pont transbordeur

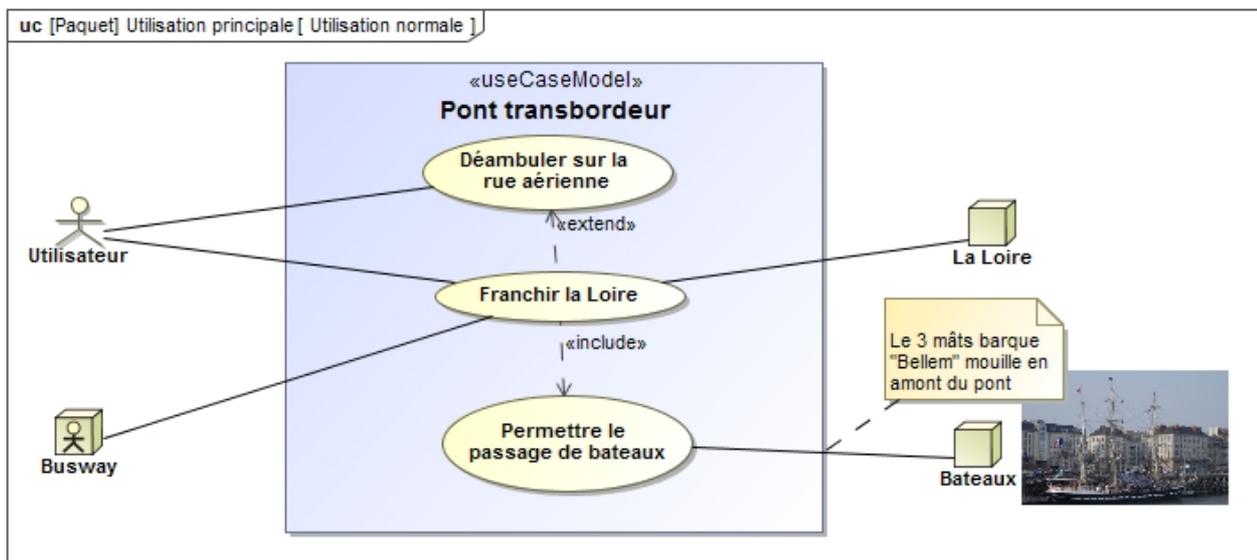
En juillet 2008, une association « Les Transbordés » est fondée avec l'objectif de porter le projet d'un nouveau pont transbordeur imaginé par l'architecte nantais Paul Poirier.

Si la mémoire de l'ancien pont transbordeur construit pour desservir les chantiers navals alors en activité sur l'île de Nantes est très présente, ce projet de nouveau pont transbordeur est porteur d'ambitions plus larges.

Il se propose, avec comme souci premier la rentabilité, de répondre aux objectifs suivants :

- développer l'offre de transport, en permettant le passage de la Loire pour ceux qui vivront et travailleront sur l'île de Nantes ;
- conserver le caractère maritime du fleuve en offrant une faible perturbation du passage des bateaux de croisière ou des anciens bateaux à voile ;
- développer le tourisme, en offrant un objet de curiosité unique en France et en complétant les nouveaux équipements attractifs déjà présents dans l'Île de Nantes. D'autres projets, comme l'aménagement d'un terminal de croisière sont aussi à l'étude ;
- apporter une importante source de produits dérivés, ce pont devenant un porte-drapeau international des technologies de la métropole nantaise dont les productions maritimes et aéronautiques.

Diagramme de contexte du pont transbordeur :



## Travail demandé

### PARTIE 1 : étude de l'ouvrage

Le projet de pont transbordeur a d'abord pour fonction de permettre le croisement d'une circulation terrestre et la navigation de bateaux à fort tirant d'air (hauteur à partir de la ligne de flottaison).

Le projet de ce pont répond à des objectifs économiques, environnementaux et sociétaux, en innovant particulièrement avec l'utilisation touristique de la partie supérieure du pont.

#### ÉTUDE 1.1 : CARACTÉRISTIQUES DE L'OUVRAGE

Il s'agit de comprendre le principe du pont transbordeur qui a la particularité de comporter des éléments mobiles et valider les caractéristiques de l'ouvrage.

Question 1.1.1 | À partir du document DT1, **compléter** dans le document réponse DR1 la vue en perspective du projet en **indiquant** le nom des principaux éléments constitutifs.

voir DT1, DT2

DR1

À partir de la typologie des haubanages proposée dans le DT2, **indiquer** sur votre copie celui retenu dans le projet de pont transbordeur.

En permettant le passage de bateaux à grand tirant d'air (hauteur à partir de la ligne de flottaison), le pont transbordeur permet de conserver au fleuve son caractère maritime.

Question 1.1.2 | La hauteur libre du pont (hauteur sans obstacle à partir du niveau de l'eau) est donnée dans le diagramme d'exigences proposé dans le DT3. En consultant ce diagramme, **expliquer** à l'aide d'un schéma le phénomène naturel utilisé pour envisager le passage sous le pont de bateaux de tirant d'air supérieur.

voir DT3

**Calculer** alors le tirant d'air maximal possible.

La notion d'éco-mobilité met en valeur par ordre d'importance : les modes de transport doux (sans motorisation), les transports en commun, le covoiturage par opposition à un véhicule utilisé seul. Le pont transbordeur s'inscrit dans cette exigence en privilégiant les transports en commun et l'accès aux piétons.

Question 1.1.3 | À l'aide des données du diagramme d'exigences du DT3, **calculer** à partir d'un temps de passage de la nacelle et des moyens de transport possibles (un busway + piétons) le flux maximal de passagers par heure dans un sens de circulation. La possibilité d'utiliser la rue aérienne ne sera pas prise en compte. À partir du tableau comparatif du DT2, **comparer** le flux maximal de passagers autorisé par le pont transbordeur à ceux d'autres modes de franchissement en précisant si le flux est faible, moyen ou élevé par rapport aux autres moyens de franchissement.

voir DT2 DT3

Un aspect innovant du projet est l'utilisation touristique de la travée du pont comme lieu d'animation commerciale.

Question 1.1.4 | En considérant qu'il s'agit d'une utilisation innovante d'une partie du pont, **identifier** le type d'innovation parmi les trois types proposés en plaçant une croix sur le graphe présenté sur le document réponse DR2. Vous justifierez votre choix.

DR2

Question 1.1.5 | L'expression « rue aérienne » est une marque nominative déposée à l'Institut  
voir DT1, DT4 | National de la Propriété Industrielle en 2011.  
Dans la notice de dépôt de la marque donnée dans le DT4, **identifier** le type de classification (de Nice) protégeant le principe d'utiliser la travée d'un pont comme un lieu de réunion (voir le descriptif sommaire du projet dans le DT1). **Justifier** votre réponse en citant deux domaines de cette classe pouvant être associés à un lieu de réunion. **Expliciter** l'avantage commercial que représente le dépôt de la marque pour la société NPPI.

### Aspect économique du projet

Question 1.1.6 | À partir des ordres de grandeurs des coûts d'autres modes de  
voir DT2 | franchissement donnés dans le DT2, **comparer** le coût du projet de pont transbordeur aux autres modes en précisant si le coût est faible, moyen ou élevé par rapport aux autres modes.

Question 1.1.7 | **Conclure** à partir des réponses aux questions précédentes sur ce qui permet au projet de pont transbordeur de répondre à des objectifs économiques, environnementaux et sociétaux.

## ÉTUDE 1.2 : DURABILITÉ DE L'OUVRAGE

*La durée de vie d'un pont est de l'ordre de 100 ans. Cela suppose la durabilité des matériaux et de la stabilité de la structure de l'ouvrage durant cette période.*

### Système de protection des haubans

Question 1.2.1 | En **consultant** la documentation DT5 sur la protection des haubans  
voir DT5 | contre la corrosion, **préciser** la famille de matériaux à laquelle appartient chacun des moyens de protection proposés.

*La stabilité au poinçonnement (risque d'enfoncement vertical de l'ouvrage dans le sol), doit être assurée dans le cas de charge le plus défavorable, en particulier suivant la position de la nacelle.*

Question 1.2.2 | Le poids propre de l'ouvrage est estimé à 30,00 MN. La structure du pont  
DR2 | (sans la nacelle) étant symétrique, **calculer** la charge propre au pied du pilier 1.  
**Reporter** cette valeur sur le graphe proposé dans le document réponse DR2.

Question 1.2.3 | La charge d'exploitation de la rue aérienne est de  $5 \text{ kN.m}^{-2}$ . À partir des caractéristiques de la rue aérienne données dans le descriptif du projet dans le DT1 ou dans le diagramme d'exigences du DT3, **calculer** la charge d'exploitation apportée par la rue aérienne au pilier 1 uniquement.

voir DT1 ou DT3  
DR2

**Reporter** en cumulé cette valeur sur le graphe proposé dans le document réponse DR2.

Question 1.2.4 | La nacelle et sa charge sont considérées comme une charge d'exploitation de valeur 2,00 MN.

DR2

- **ajouter** en cumulé sur le graphe du DR2 la valeur apportée par la nacelle au pilier 1 lorsqu'elle est au droit du pilier 1 (point A).  
- **ajouter** en cumulé sur le graphe du DR2 la valeur apportée par la nacelle au pilier 1 lorsqu'elle est au droit du pilier 2 (point B).

**Compléter** le graphe par un segment de droite joignant les deux points ainsi tracés, la variation étant linéaire en fonction de la position de la nacelle

**Conclure** en listant les charges à prendre en compte sur la fondation du pilier 1.

*Vérification de la résistance au poinçonnement de la fondation.*

Question 1.2.5 | L'application de coefficients de sécurité conduit à considérer une charge maximale sur la fondation de chaque pilier de 35,07 MN. Avec une résistance de sol de 0,20 MPa, **calculer** si une semelle de fondation carrée de 15,00 m de côté serait suffisante pour assurer la stabilité de l'ouvrage au poinçonnement.

Question 1.2.6 | **Conclure** en précisant à quel domaine de durabilité appartiennent les questions traitées dans la partie 1.2.

Parmi les autres risques d'instabilité, **citer** un autre exemple de risque en **précisant** une cause possible.

## ÉTUDE 1.3 : ACCESSIBILITÉ À LA NACELLE

*Le pont à transbordeur est un établissement recevant du public (ERP). Comme tous les ERP, il doit répondre à certaines caractéristiques quant à son accessibilité par les personnes à mobilité réduite. Un extrait du journal officiel de la République décrit ces caractéristiques dans le document technique DT6.*

### Exigences de l'arrêté du 1<sup>er</sup> août 2006

*Il s'agit de déterminer l'écart de niveau maximum acceptable entre le quai et la nacelle.*

Question 1.3.1 | **Relever** sur l'extrait du journal officiel DT6 la dénivellation maximale acceptable sans équipement spécifique entre la nacelle du pont transbordeur et les quais.

voir DT6

La partie suivante est divisée en quatre étapes. D'abord le choix des suspentes (câbles) qui soutiennent la nacelle, puis le calcul de leur allongement dû au chargement, l'influence de la dilatation sur le positionnement vertical de la nacelle par rapport au quai et enfin le choix des équipements à prévoir pour respecter les normes d'accessibilité de l'ERP.

## Choix des suspentes

Pour connaître les différences d'altitude de la nacelle dans le temps et sous certaines conditions, il est nécessaire de connaître les caractéristiques des 10 suspentes. Nous ferons ici l'hypothèse que le poids total est réparti de façon égale entre toutes les suspentes.

L'architecture de la nacelle est donnée dans le document technique DT6.

Question 1.3.2 | **Relever** sur le diagramme d'exigences (DT3) la charge utile de la nacelle. Sachant que la masse de la nacelle à vide est de 100 tonnes. **Calculer** le poids total de la nacelle puis celui que chaque suspente doit soulever. Vous prendrez  $g = 10 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ .

voir DT3

Le coefficient de sécurité est fixé à 10 pour les équipements suspendus recevant du public (cas de la nacelle), les suspentes étant des câbles dont les sollicitations varient beaucoup du fait des mouvements de la charge. Pour prendre en compte la fatigue du matériau, le constructeur retient l'effort de service comme critère de choix des câbles.

Question 1.3.3 | **Calculer** l'effort à prendre en compte dans le choix des suspentes en tenant compte du coefficient de sécurité. **Justifier** le choix d'un câble de type 19T15S par le constructeur en utilisant le DT7.

voir DT7

## Allongement d'une suspente dû aux sollicitations

La sollicitation en traction des suspentes varie seulement en fonction de la charge embarquée. La nacelle est suspendue par 10 câbles de 50 m de long, et leur allongement qui en découle intervient directement sur la différence de hauteur entre la nacelle et le quai. Les caractéristiques des câbles utilisés de type 19T15S sont indiquées dans le document technique DT7. On donne par ailleurs la formule de calcul de l'allongement :

$$\Delta l_1 = \frac{F \times L_0}{S \times E}$$

$L_0$  : longueur initiale du câble ;

$S$  : section du câble ;

$E$  : module de Young ;

$F$  : charge appliquée sur le câble.

Question 1.3.4 | **Calculer** la variation de longueur des suspentes en considérant que chacune d'entre-elles supporte un poids de 100 kN.

voir DT7

Le pont transbordeur est soumis aux conditions climatiques environnantes. Les températures extrêmes relevées sur trente ans sont données dans le document technique DT7. Lors d'un changement de température, chaque suspente se dilate ou se contracte et par conséquent, la hauteur de la nacelle varie entre l'hiver et l'été. L'objectif est de calculer la variation de longueur d'une suspente et de définir si cette variation est significative ou non.

Question 1.3.5 | **Déterminer** l'allongement d'une suspente dû à la dilatation entre les températures extrêmes données par le graphique du document technique DT7.

voir DT7

On donne :  $\Delta L_2 = \alpha \times L_0 \times \Delta T$

Question 1.3.6 | **En déduire** l'allongement total et maximum d'une suspente et **préciser** quel phénomène est prépondérant dans l'allongement des suspentes.

## Conclusion

*Vous allez maintenant déterminer les équipements nécessaires pour l'accessibilité de cet ERP par les personnes en situation de handicap. Pour permettre de minimiser les effets d'allongement des suspentes, le réglage initial d'altitude de la nacelle sera réalisé à un niveau moyen. Ainsi, la différence de niveau entre le quai et la nacelle vide au plus froid de l'hiver sera symétrique à celle constatée en pleine charge pendant les plus fortes chaleurs de l'été.*

Question 1.3.7 | **Déterminer** la différence de niveau entre la nacelle et le quai. **Conclure** quant à la nécessité d'un équipement complémentaire pour assurer l'accessibilité de cet ERP par les personnes en situation de handicap.

voir DT6

**Justifier** votre réponse.

## ÉTUDE 1.4 : OPTIMISATION DE LA MOTORISATION DE LA NACELLE



*Sous le tablier du pont transbordeur, un rail horizontal soutient un chariot lié à la nacelle. Le déplacement de ce chariot est assuré par deux moteurs électriques.*

**Une approche environnementale raisonnée impose d'étudier en terme d'efficacité toute la chaîne énergétique.**

### Analyse des constituants de la chaîne d'énergie de la nacelle.

Question 1.4.1 | En consultant le diagramme de bloc et le schéma cinématique de la chaîne d'énergie de la nacelle disponibles dans le document technique DT8, **compléter** le tableau du document DR3 en définissant les fonctions associées aux constituants issus de la chaîne d'énergie de la nacelle.

voir DT8

DR3

Les fonctions sont à choisir dans la liste suivante : alimenter, produire localement, stocker, moduler, convertir, transmettre, agir.

*L'objectif est de déterminer la puissance nécessaire à la motorisation de la nacelle en fonction des exigences de cadencement de l'ouvrage.*

Question 1.4.2 | À partir du diagramme d'état de la nacelle et du graphe des déplacements de la nacelle du document DT9, **indiquer** sur le graphe du DR3, les phases du cycle de fonctionnement. En **déduire** le temps minimal d'un cycle de rotation.

voir DT9

DR3

La nacelle en charge pour une masse totale de 200 tonnes est motorisée par deux moteurs triphasés asynchrones. Le besoin total en énergie durant la phase d'accélération de 8 secondes est de 1,60 MJ.

Question 1.4.3 | **Calculer** la puissance mécanique totale permettant de délivrer à la nacelle l'énergie nécessaire.  
En **déduire** la puissance de chacun des moteurs.

Dans un souci d'optimisation énergétique, deux types de motorisation sont comparés :

- deux moteurs triphasés asynchrones haut rendement IE2 associés à des variateurs et des réducteurs de vitesse ;
- deux moteurs triphasés synchrones à prise directe (Gearless) associés uniquement à des variateurs de vitesse (pas de réducteur).

Avec pour rendements associés :

- rendement d'un variateur :  $\eta_v = 0,98$  ;
- rendement d'un réducteur :  $\eta_r = 0,89$ .

*Pertes dans la chaîne d'énergie d'un moteur asynchrone*

Question 1.4.4 | Les données pour le moteur asynchrone sont fournies dans le DT10. Le voir DT10  
moteur de référence 315S-2 fournit la puissance maximale (rendement à 100 %). **Calculer** le rendement global de cette chaîne d'énergie composée du variateur, du moteur et du réducteur. En **déduire** les pertes totales liées à cette chaîne d'énergie. Le calcul sera effectué pour une puissance utile de 100 kW par moteur.

*Pertes dans la chaîne d'énergie d'un moteur synchrone*

Question 1.4.5 | Les données pour le moteur synchrone LSRPM 315 MR sont fournies voir DT10  
dans le DT10. **Déterminer** le rendement de ce moteur à l'aide des graphes du couple et du rendement en fonction de la fréquence de rotation, les deux moteurs tournant à une fréquence de rotation de  $600 \text{ tr}\cdot\text{min}^{-1}$ .

*Synthèse*

Question 1.4.6 | Les pertes dans la chaîne d'énergie à moteur synchrone sont évaluées à 13,6 kW au total pour les deux motorisations. À partir de vos réponses aux questions précédentes, **rédigé** une conclusion argumentée (cinq lignes maximum) quant à l'optimisation énergétique de la motorisation de la nacelle. Votre argumentation précisera la motorisation répondant le mieux à une approche de développement durable raisonnée en terme d'efficacité énergétique.

## PARTIE 2 : surveillance des haubans

*Le pont transbordeur est soumis à des contraintes mécaniques en particulier au niveau de ses 36 haubans. Une chaîne d'acquisition est mise en œuvre pour superviser et archiver les efforts dans chacun d'entre eux.*

*Le but de cette étude est d'analyser la chaîne d'information permettant la mesure, la transmission des valeurs liées aux efforts dans les haubans et le stockage de ces données.*

*L'étude concerne le hauban n° 17. La modélisation du comportement mécanique de la structure haubanée indique pour ce hauban un effort attendu de 1820 kN.*

### Chaîne d'information

Question 2.1 | **Identifier** dans le document réponse DR3 les caractéristiques des flux dans le diagramme de bloc interne décrivant la chaîne d'acquisition de l'effort dans chacun des haubans du tablier.  
DR3  
Vous utiliserez les termes suivants : nombre, tension en V, effort en kN, tension en mV.

*Les capteurs d'effort dans les haubans sont connectés via un bus de transmission des données de type MODBUS.*

### Analyse d'une donnée de mesure d'effort

Question 2.2 | À partir du relevé de la trame réponse du capteur d'effort du hauban n° 17 proposé dans le DT11, **déterminer** la valeur binaire des octets **PF** et **pf** représentant la valeur de l'effort. L'ordre de transmission des bits est précisé dans la trame présentée dans le DT11.  
voir DT11

Question 2.3 | **Exprimer** le mot binaire de 16 bits, puis la valeur décimale correspondant au codage de la valeur de l'effort dans le hauban n° 17. **Calculer** la valeur décimale en kN de l'effort mesuré sur le hauban n° 17.  
voir DT11

*Un stockage des mesures d'effort dans les haubans est réalisé pour assurer un suivi de la surveillance à raison d'une mesure par seconde pour les 36 capteurs des 36 haubans sur une période de 365 jours.*

Question 2.4 | À partir de la documentation sur les cartes mémoires SD fournie dans le DT11, **calculer** la capacité mémoire nécessaire et choisir une capacité de carte SD.  
voir DT11  
Vous ne prendrez en compte que les octets PF et pf codants la valeur de l'effort.

### Synthèse

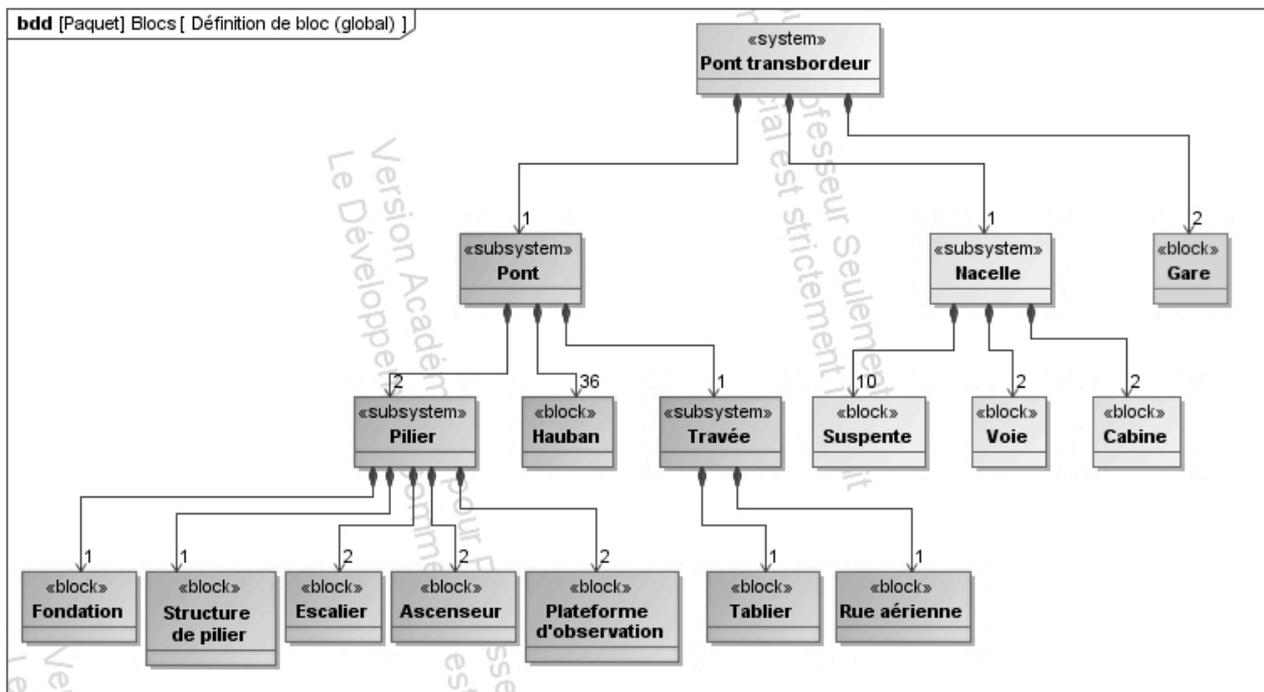
Question 2.5 | À partir de vos réponses aux questions précédentes, **rédigier** une conclusion argumentée (cinq lignes maximum) quant au respect de l'exigence de la capacité de stockage.  
**Conclure** sur la concordance entre la valeur réelle de l'effort dans le hauban n° 17 relevée par la chaîne d'information et la valeur obtenue par la modélisation du comportement mécanique du hauban.

## DT1 : description de l'ouvrage

### Définition d'un pont transbordeur

Ouvrage comportant deux piliers auxquels est suspendue une travée dégageant une passe navigable et sur laquelle se déplace un chariot qui porte, accrochée à des câbles (suspentes), une nacelle transbordeuse allant d'une rive à l'autre.

### Diagramme SysML de définition de bloc du projet de pont transbordeur



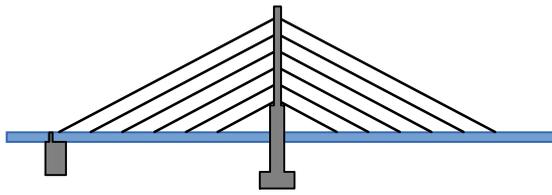
### Descriptif sommaire du projet de pont transbordeur Jules Verne

source : association Les Transbordés ([www.lestransbordés.org](http://www.lestransbordés.org))

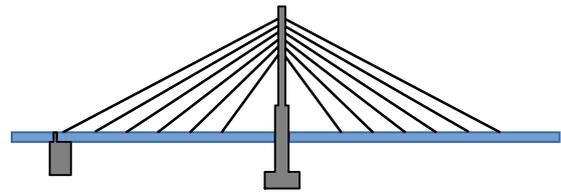
- implantation sur le bras de la Madeleine, un peu en aval de la gare maritime, au cœur de la zone d'aménagement touristique à l'ouest de l'Île de Nantes ;
- deux piliers « transparents », avec une armature rappelant le gréement de grands navires, s'élevant à 100 m du sol, terminés par deux plates-formes d'observation ;
- une nacelle de 30 m de long, 15 m de large, pouvant accueillir les piétons, les deux roues et un bus appelé busway. La cadence des rotations s'élevant à 3 min en période de pointe ;
- deux « gares » disposées de chaque côté facilitant l'accès rapide à la nacelle de tous les piétons et du Busway ;
- quatre ascenseurs panoramiques permettant un accès à la « rue aérienne », entourés d'escaliers en colimaçon ;
- la passerelle à 60 m d'altitude, véritable « rue aérienne » piétonne, de 270 m de long et 15 m de large, en grande partie couverte ;
- au centre de la passerelle, un restaurant belvédère de 200 couverts environ, des espaces de réunion, un bar et, tout le long, des espaces aménageables pour les commerces occasionnels ou permanents.

## DT2 : description de l'ouvrage

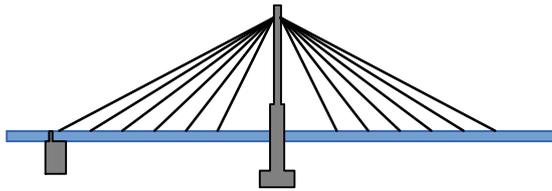
### Typologie de l'haubanage



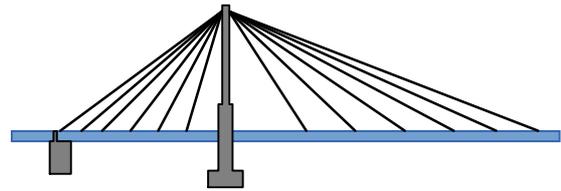
Haubanage en harpe



Haubanage en semi-harpe



Haubanage en éventail



Haubanage en éventail asymétrique

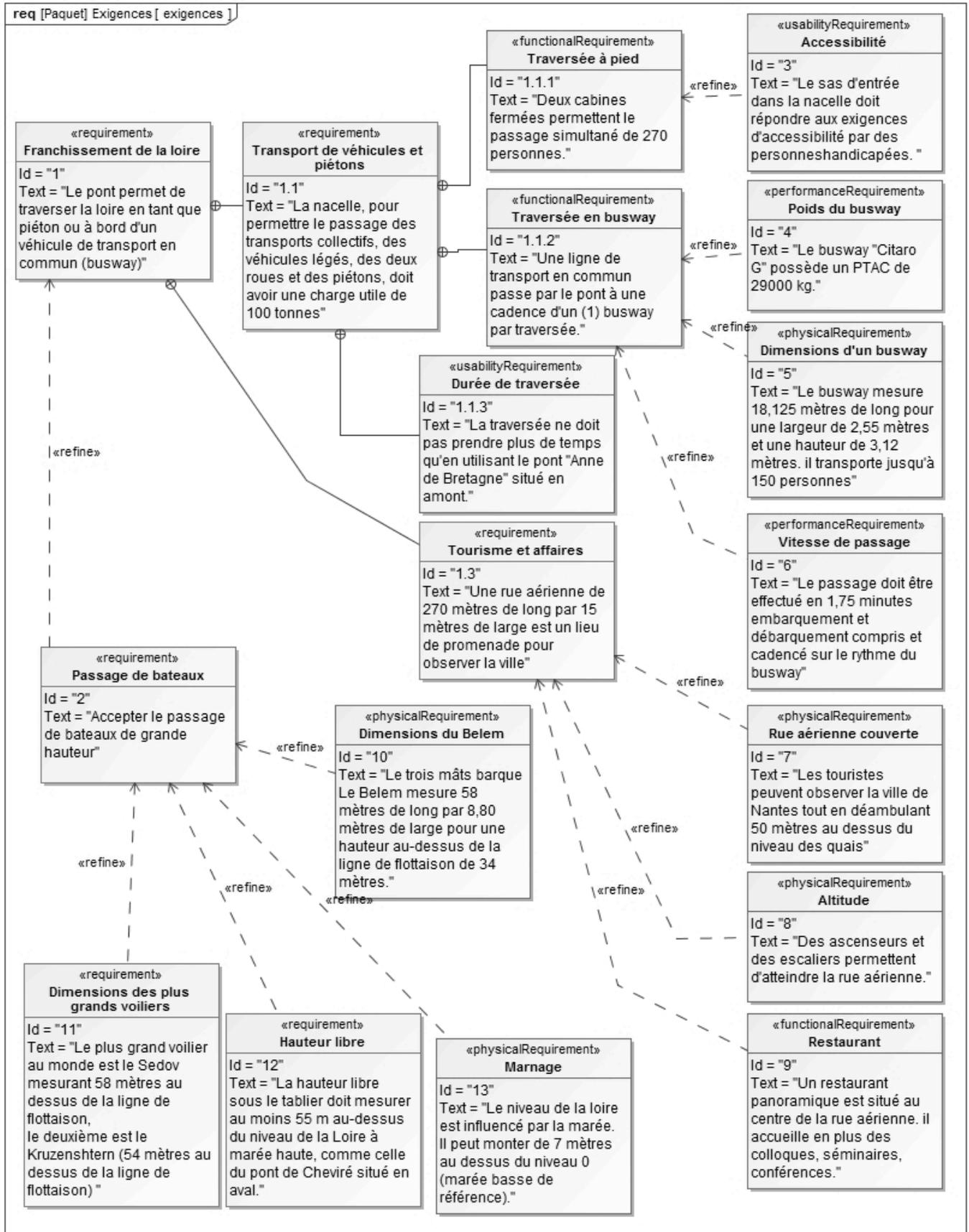
### Projet de pont transbordeur à Nantes



### Comparaison de différents modes de franchissement

NATURE	COÛT ( 1 M€ = 1 000 000 €)	FLUX PASSAGERS
bac (rotation 15 mn)	7 M€ pour un bac de Loire	1 400 pers/heure/sens
pont bas	35 M€	20 000 pers/heure/sens
pont transbordeur	30 M€ à 70 M€ pour le projet de l'architecte P. Poirier, suivant la capacité de la rue aérienne	7 200 pers/heure/sens
pont levant	155 M€ pour le pont Gustave Flaubert à Rouen	20 000 pers/heure/sens
pont haut	70 M€ pour le pont de Cheviré	20 000 pers/heure/sens
tunnel	200 M€	20 000 pers/heure/sens
téléphérique	15 M€	1 200 pers/heure/sens

# DT3 : diagramme d'exigences du pont transbordeur



## DT4 : notice de dépôt à l'INPI de la marque "Rue aérienne"

### Marque française

Rue aérienne

Marque : Rue aérienne

Classification de Nice : 6 ; 12 ; 19 ; 37 ; 41 ; 42

### Produits et services

- 6 matériaux de construction métalliques ; constructions transportables métalliques ; matériaux métalliques pour les voies ferrées ; câbles, fils et serrurerie métalliques non électriques ; quincaillerie métallique ; tuyaux métalliques ; Constructions métalliques ; échafaudages métalliques ; objets d'art en métaux communs ; statues ou figurines (statuettes) en métaux communs ; plaques d'immatriculation métalliques ;
- 12 Véhicules ; appareils de locomotion par terre, par air ou par eau ; Moteurs pour véhicules terrestres ; amortisseurs de suspensions pour véhicules ; carrosseries ; véhicules électriques ; vélomoteurs ; cycles ; cadres, béquilles, freins, guidons, jantes, pédales, pneumatiques, roues ou selles de cycles ; poussettes ; chariots de manutention ;
- 19 Matériaux de construction non métalliques ; tuyaux rigides non métalliques pour la construction ; constructions transportables non métalliques ; monuments non métalliques ; Constructions non métalliques ; échafaudages non métalliques ; verre de construction ; verre isolant (construction) ; béton ; objets d'art en pierre, en béton ou en marbre ; statues ou figurines (statuettes) en pierre, en béton ou en marbre ; vitraux ; bois de construction ; bois façonnés ; monuments funéraires non métalliques ;
- 37 Construction d'édifices permanents, de routes, de ponts ; Informations en matière de construction ; Supervision (direction) de travaux de construction ; Maçonnerie ; Travaux de plâtrerie ou de plomberie ; Travaux de couverture de toits ; Services d'étanchéité (construction) ; Démolition de constructions ; Location de machines de chantier ; Nettoyage de bâtiments(ménage), d'édifices (surfaces extérieures) ou de fenêtres ; Nettoyage ou entretien de véhicules ; assistance en cas de pannes de véhicules(réparation) ; Désinfection ; Dératissage ; Installation, entretien et réparation de machines ; Construction navale ;
- 41 formation ; divertissement ; activités sportives et culturelles ; Informations en matière de divertissement ou d'éducation ; Services de loisir ; Publication de livres ; Dressage d'animaux ; Production de films sur bandes vidéo ; Location de films cinématographiques ; Location d'enregistrements sonores ; Location de magnétoscopes ou de postes de radio et de télévision ; Location de décors de spectacles ; Montage de bandes vidéo ; Services de photographie ; Organisation de concours (éducation ou divertissement) ; Organisation et conduite de colloques, conférences ou congrès ; Organisation d'expositions à buts culturels ou éducatifs ; Réservation de places de spectacles ; Services de jeu proposés en ligne à partir d'un réseau informatique ; Publication électronique de livres et de périodiques en ligne ; Micro-édition ;
- 42 Evaluations, estimations et recherches dans les domaines scientifique et technologiques rendues par des ingénieurs ; conception et développement d'ordinateurs et de logiciels ; Recherche et développement de nouveaux produits pour des tiers ; Etudes de projets techniques ; Architecture ; Décoration intérieure ; Elaboration (conception), installation , maintenance, mise à jour ou location de logiciels ; Conversion de données ou de documents d'un support physique vers un support électronique ; Services de dessinateurs d'arts graphiques ; Stylisme(esthétique industrielle).

**Déposant** : NPPI international, SAS, 20 Boulevard Emile Romanet 44 100 Nantes, FR (SIREN 520422155)

**Mandataire** : Xavier de Champs, NPPI international 20 Boulevard Emile Romanet 44 100 Nantes, FR

**Numéro** : 3821793

**Statut** : Marque enregistrée

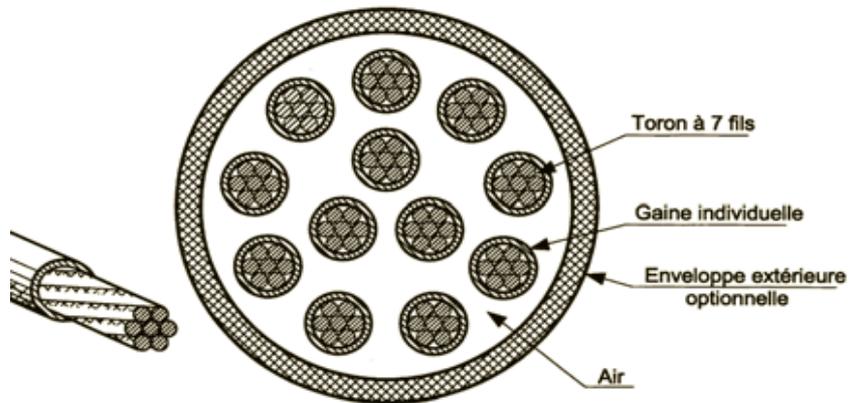
**Date de dépôt / Enregistrement** : 2011-04-08

**Lieu de dépôt** : DÉPÔT ELECTRONIQUE PARIS

### Historique

- Publication 2011-04-29 (BOPI 2011-17)
- Enregistrement sans modification 2011-07-29 (BOPI 2011-30)

### Coupe type d'un hauban



### Moyens de protection utilisés

- 1<sup>er</sup> moyen de protection : les torons sont réalisés à partir de fils galvanisés ;
- 2<sup>ème</sup> moyen de protection : la gaine individuelle de chaque toron est en polyéthylène.

### Principes et rôle de la galvanisation

La **galvanisation** est l'action de recouvrir une pièce d'une couche de zinc dans le but de la protéger contre la corrosion.

Le **principe chimique** de la galvanisation est celui de la protection cathodique par anode sacrificielle, en effet :

- le zinc a une tendance anodique plus forte que l'acier et va donc s'oxyder à la place de l'acier qu'il protège ;
- le zinc ayant une cinétique d'oxydation environ 25 fois plus lente que celle de l'acier, l'oxydation est retardée.

## DT6 : accessibilité de la nacelle

Extrait du journal officiel de la république française.

24 août 2006

JOURNAL OFFICIEL DE LA RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Texte 14 sur 104

# Décrets, arrêtés, circulaires

## TEXTES GÉNÉRAUX

MINISTÈRE DE L'EMPLOI, DE LA COHÉSION SOCIALE ET DU LOGEMENT

**Arrêté du 1er août 2006 fixant les dispositions prises pour l'application des articles R. 111-19 à R. 111-19-3 et R. 111-19-6 du code de la construction et de l'habitation relatives à l'accessibilité aux personnes handicapées des établissements recevant du public et des installations ouvertes au public lors de leur construction ou de leur création**

NOR : SOCU0611478A

2° Caractéristiques dimensionnelles :

a) Profil en long :

Le cheminement accessible doit être horizontal et sans ressaut. Lorsqu'une dénivellation ne peut être évitée, un plan incliné de pente inférieure ou égale à 5 % doit être aménagé afin de la franchir. Les valeurs de pentes suivantes sont tolérées exceptionnellement :

Un palier de repos est nécessaire en haut et en bas de chaque plan incliné, quelle qu'en soit la longueur. En cas de plan incliné de pente supérieure ou égale à 4 %, un palier de repos est nécessaire tous les 10 m.

Les caractéristiques dimensionnelles du palier sont définies à l'annexe 2.

Lorsqu'il ne peut être évité, un faible écart de niveau peut être traité par un ressaut à bord arrondi ou muni d'un chanfrein et dont la hauteur doit être inférieure ou égale à 2 cm.

### Architecture de la nacelle



Suspente  
(10 en tout)

Cabine nacelle  
(jusqu'à 135  
passagers)

## DT7 : caractéristiques des câbles – conditions climatiques nantaises

### Extrait de tableau constructeur (Freyssinet)

Type	Section [mm <sup>2</sup> ] [-] [mm <sup>2</sup> ]	Effort de rupture 1,0 f <sub>pk</sub> [kN]	Effort service 0,45 f <sub>pk</sub> [kN]	Gaine en partie courante ∅ <sub>ext</sub> / e <sub>paroi</sub> [mm]
4T15S	600	1'060	477	90 / 6
7T15S	1'050	1'855	835	110 / 6
12T15S	1'800	3'186	1'434	125 / 6
19T15S	2'850	5'044	2'270	140 / 6
27T15S	4'050	7'168	3'226	160 / 6
31T15S	4'650	8'230	3'704	160 / 6
37T15S	5'550	9'824	4'421	180 / 6
55T15S	8'250	14'602	6'571	200 / 6

### Caractéristiques du câble

Résistance nominale à la traction : 1770 N·mm<sup>-2</sup>

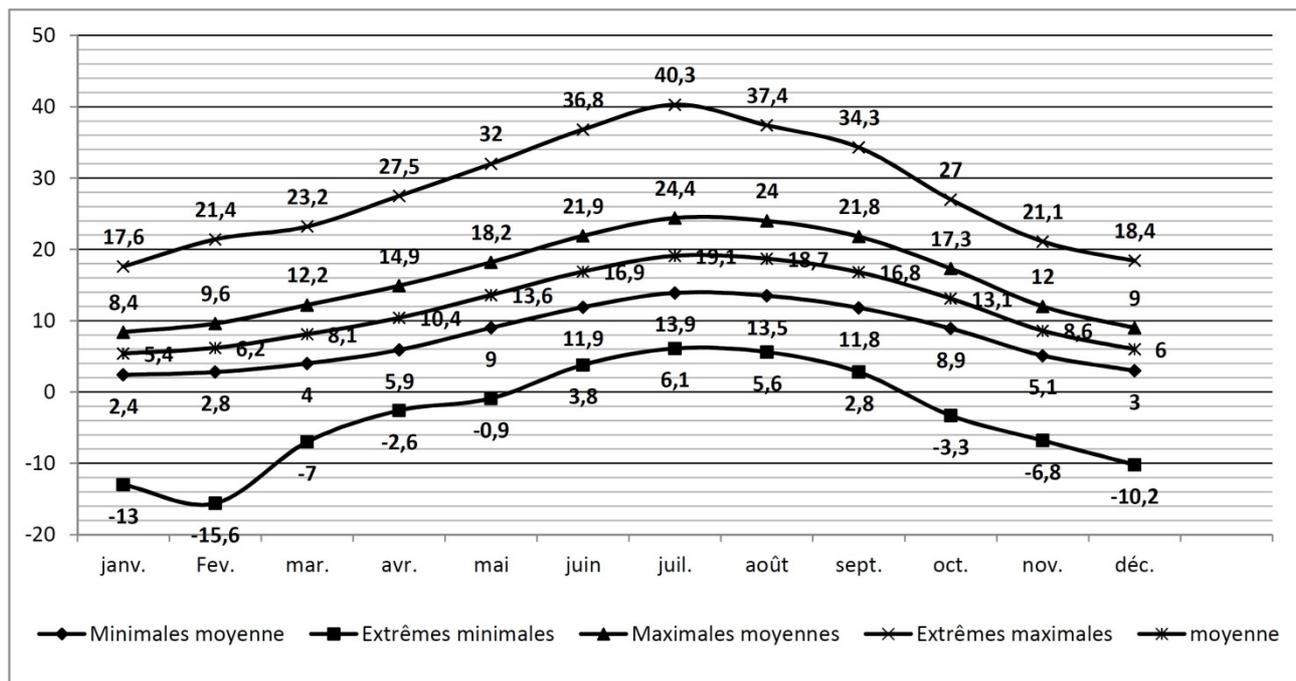
Module d'Young : 195 kN·mm<sup>-2</sup>

Charge de rupture caractéristique spécifiée : 265 kN

Coefficient de dilatation :  $\alpha = 12 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$

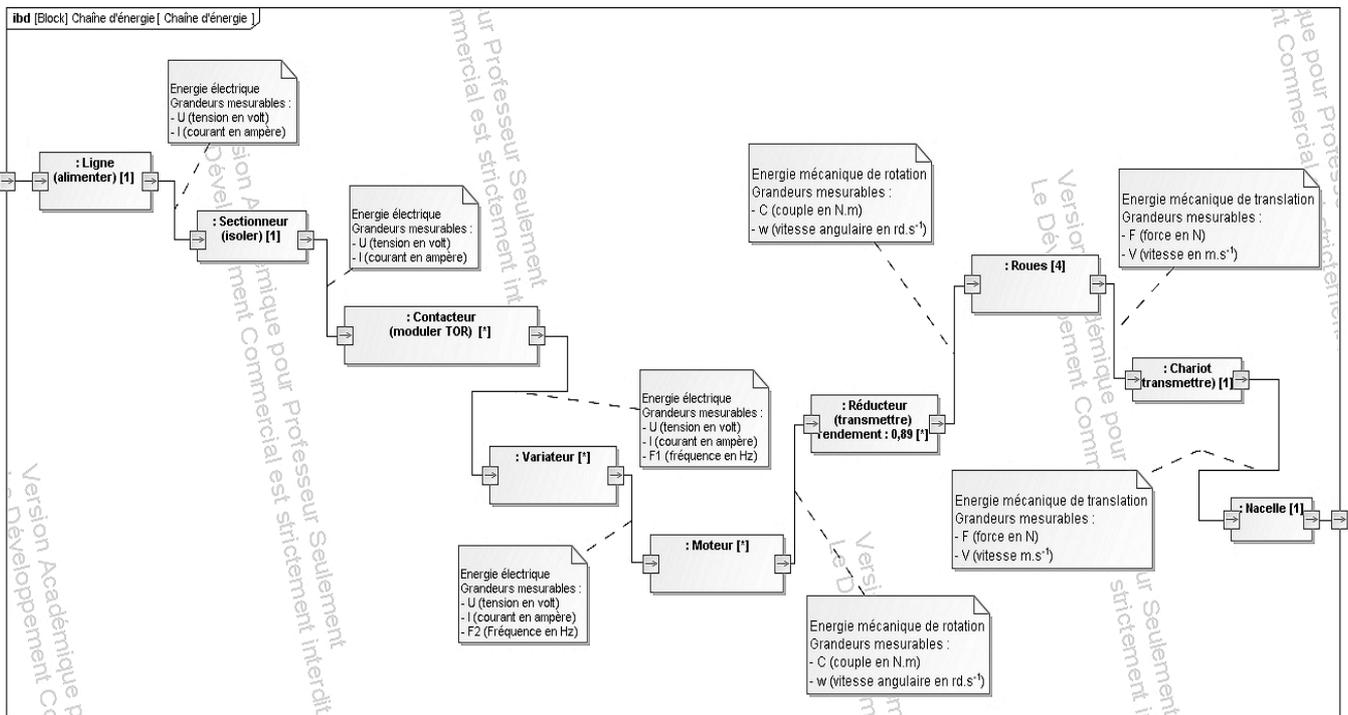
### Historique des conditions climatiques à Nantes

Cet historique reprend les températures maximales et minimales relevées pendant trente ans par la station météorologique de Château-Bougon située en périphérie nantaise.

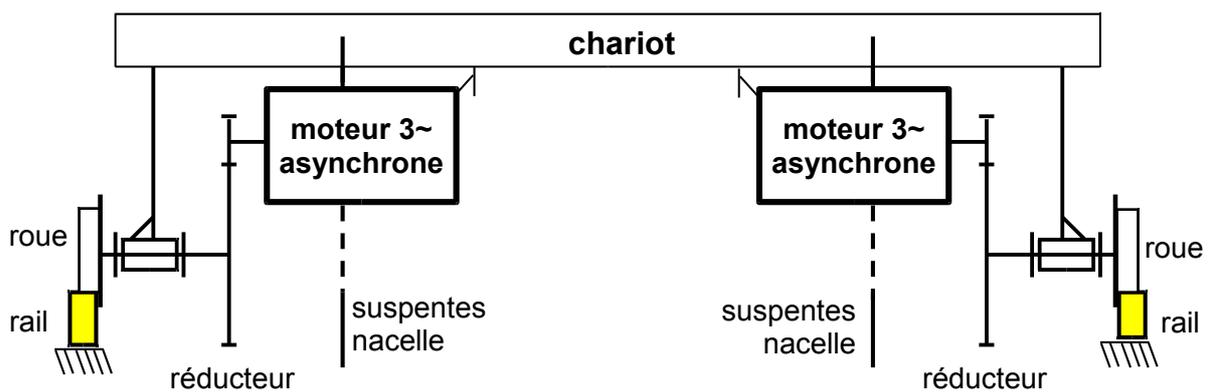


## DT8 : chaîne d'énergie de la propulsion de la nacelle

### Diagramme de bloc interne de la chaîne d'énergie de la propulsion de la nacelle avec moteur asynchrone

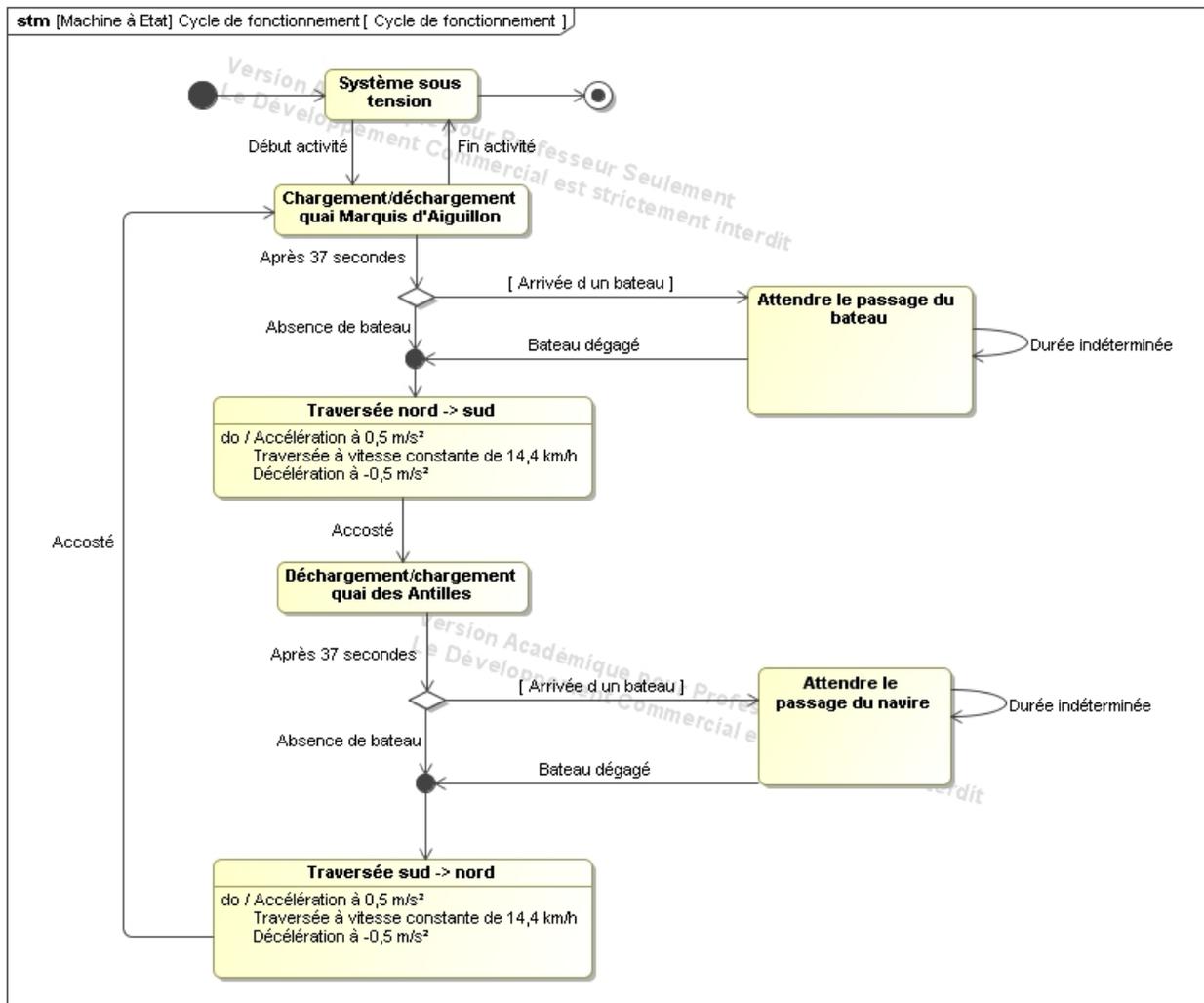


### Chaîne cinématique de la propulsion de la nacelle avec moteurs asynchrones

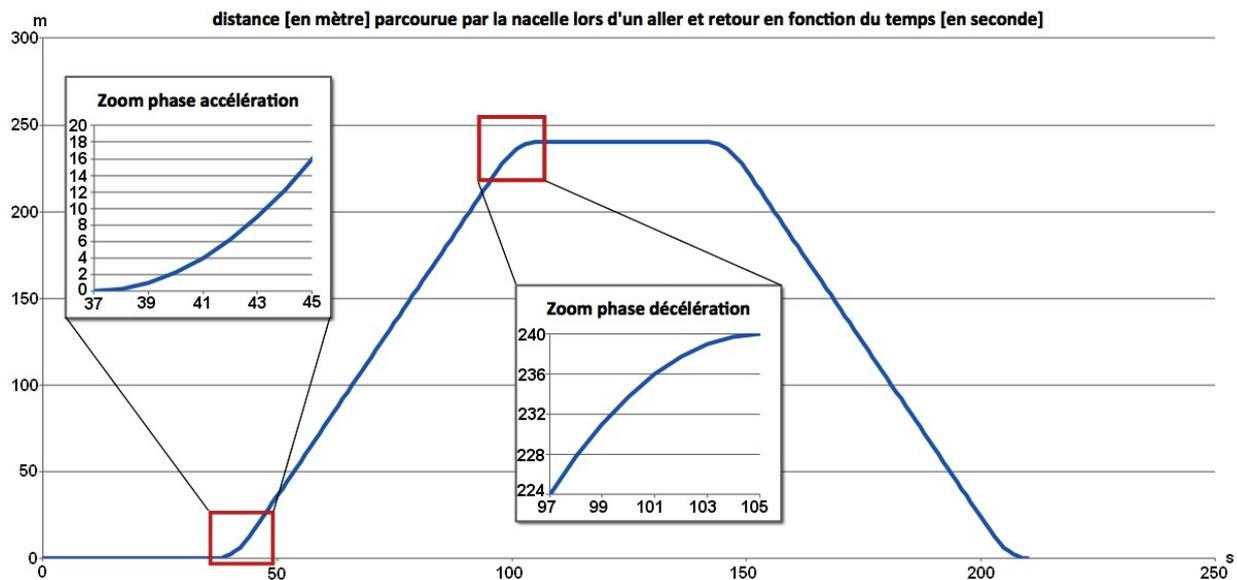


# DT9 : comportement de la nacelle

## Diagramme d'état de la nacelle



## Graphe des déplacements de la nacelle lors d'un cycle aller et retour



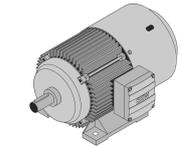
# DT10 : motorisations nacelle

## Moteur asynchrone haut rendement IE2

### MOTEURS TRIPHASÉS À CAGE

→ Données techniques

2 Pôles, 3000 tr/min, IP55



400 V, 50 Hz

Type	Puis- sance kW	Vitesse tr/min	$I_n$ à 400V A	Rende- ment à 100% %	Rende- ment à 75% %	Rende- ment à 50% %	Facteur de puis- sance Cos $\Phi$	Cn Nm	Cd / Cn Ma/Mn	Id / In Ia/In	Cmax / Cn Mmax/ Mn	Moment d'inertie kgm <sup>2</sup>	Poids kg
------	----------------------	-------------------	----------------------	-------------------------------	------------------------------	------------------------------	--	----------	------------------	------------------	-----------------------------	---	-------------

Exécution IE2 selon IEC60034-30:2008

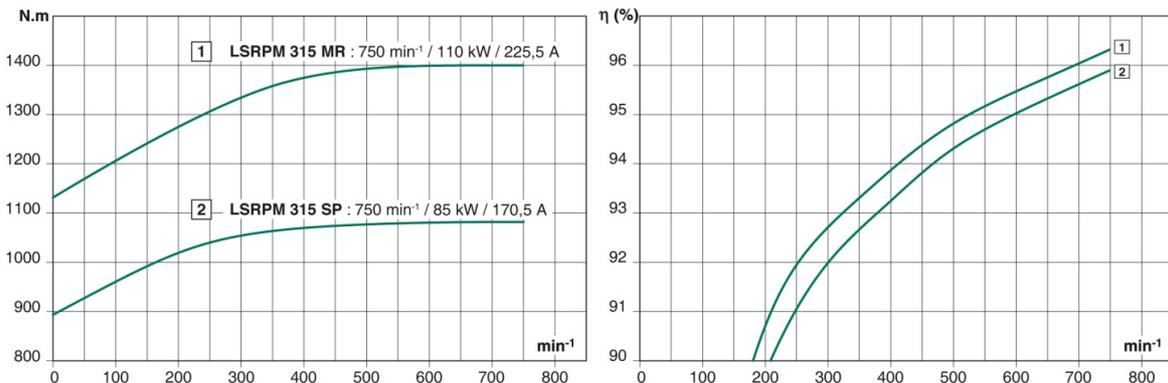
Carcasse en fonte EC-K et KQM													
160M 1-2	11	2930	19,96	89,4	89,4	88,8	0,89	35,67	2,2	8,1	2,3	0,0489	123
160M 2-2	15	2930	26,94	90,3	90,3	89,0	0,89	48,64	2,2	8,1	2,3	0,0559	132
160L-2	18,5	2930	32,64	90,9	90,9	90,0	0,9	60,09	2,2	8,1	2,3	0,0648	151
180M-2	22	2940	38,65	91,3	91,3	90,2	0,9	70,98	2,0	8,1	2,3	0,0808	203
200L 1-2	30	2950	52,3	92,0	92,0	91,1	0,9	96,62	2,0	8,1	2,3	0,1630	246
200L 2-2	37	2950	64,15	92,5	92,5	91,6	0,9	119,17	2,0	8,1	2,3	0,1720	256
225M-2	45	2960	77,69	92,9	92,5	92,0	0,9	144,94	2,0	8,1	2,3	0,3020	328
250M-2	55	2970	94,64	93,2	93,2	92,3	0,9	176,55	2,0	8,1	2,3	0,4200	433
280S-2	75	2975	128,24	93,8	93,8	92,9	0,9	240,35	2,0	8,1	2,3	0,9860	572
280M-2	90	2975	151,71	94,1	94,1	93,6	0,91	288,42	2,0	8,1	2,3	1,04	632
315S-2	110	2980	185,03	94,3	94,3	93,9	0,91	352,51	1,8	7,7	2,2	1,33	950
315M-2	132	2980	221,33	94,6	94,6	94,0	0,91	423,02	1,8	7,7	2,2	1,50	1080
315L 1-2	160	2980	264,80	94,8	94,8	94,4	0,92	512,75	1,8	7,7	2,2	1,67	1210
315L 2-2	200	2980	330,30	95,0	95,0	94,5	0,92	640,94	1,8	7,7	2,2	1,88	1240
355M-2	250	2980	412,88	95,0	95,0	94,6	0,92	799,83	1,6	7,7	2,2	4,02	1970
355L 2-2	315	2980	520,23	95,0	95,0	94,7	0,92	1007,79	1,6	7,7	2,2	4,86	2000
355Lx-2	355	2980	586,29	95,0	95,0	94,7	0,92	1137,67	1,6	7,7	2,2	-----	2300

## Performances des moteurs synchrones

### LSRPM Permanent magnet synchronous motors Performance

A9 - 750 range, 0 to 750 min<sup>-1</sup>

A9.5 - Torque from 890 to 1400 N.m



### Couple et rendement du moteur synchrone en fonction de sa fréquence de rotation

Le rendement du moteur est légèrement dégradé lorsqu'il est alimenté via un variateur à modulation de largeur d'impulsions.

## DT11 : données d'informations des capteurs d'effort des haubans

### Trame du réseau MODBUS des capteurs d'effort des haubans

Les réseaux de type MODBUS sont des liaisons séries industrielles différentielles RS485 qui garantissent des communications sur de grandes distances (1200 m).

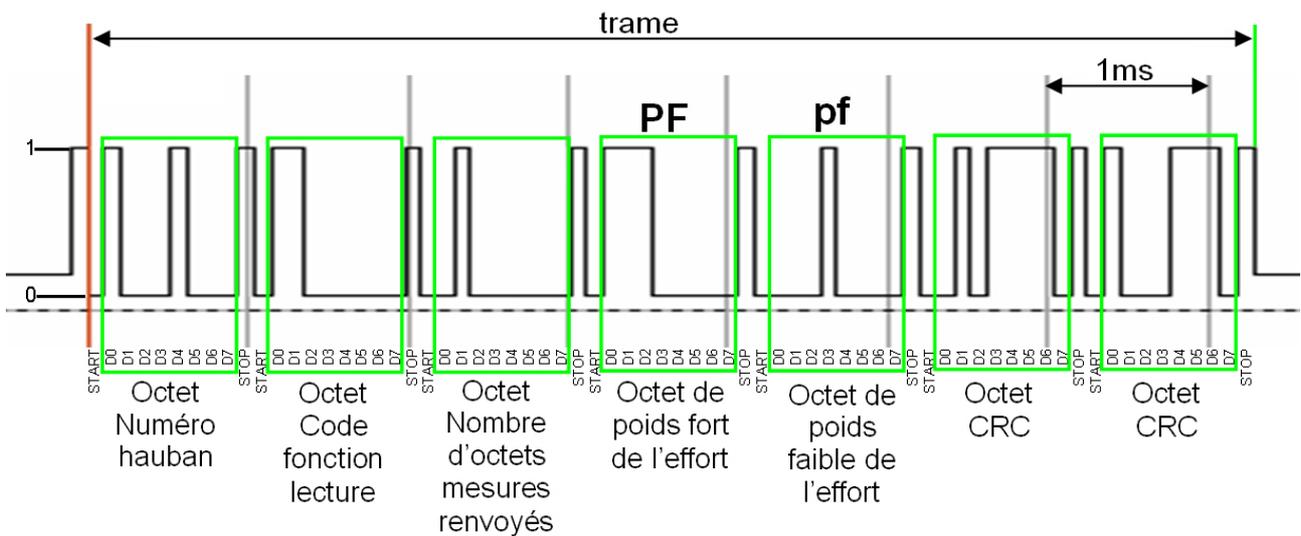
Le protocole de communication est basé sur l'envoi d'une requête à chacun des capteurs considérés comme des esclaves numérotés.

Chaque capteur répondra par une trame réponse contenant la valeur numérique en kN liée à la mesure de l'effort dans le hauban.

La valeur formatée sur 16 bits, est transmise en 2 octets de 8 bits consécutifs **PF** et **pf**.

Chaque octet de la trame transmise nécessite un bit de START et un bit de STOP (soit 10 bits au total).

Relevé d'une trame réponse TX+ du capteur hauban n° 17 :



La résolution du codage numérique de l'effort est de 1kN par bit.

### Stockage mémoire des valeurs d'effort dans l'ensemble des haubans



Les mémoires de stockage SD [Secure Digital] permettent d'enregistrer des données numériques dans un format physique de 24 x 32 x 2,1 mm. Les capacités retenues sont 512 Mo, 1, 2, 4 et 8 Go.

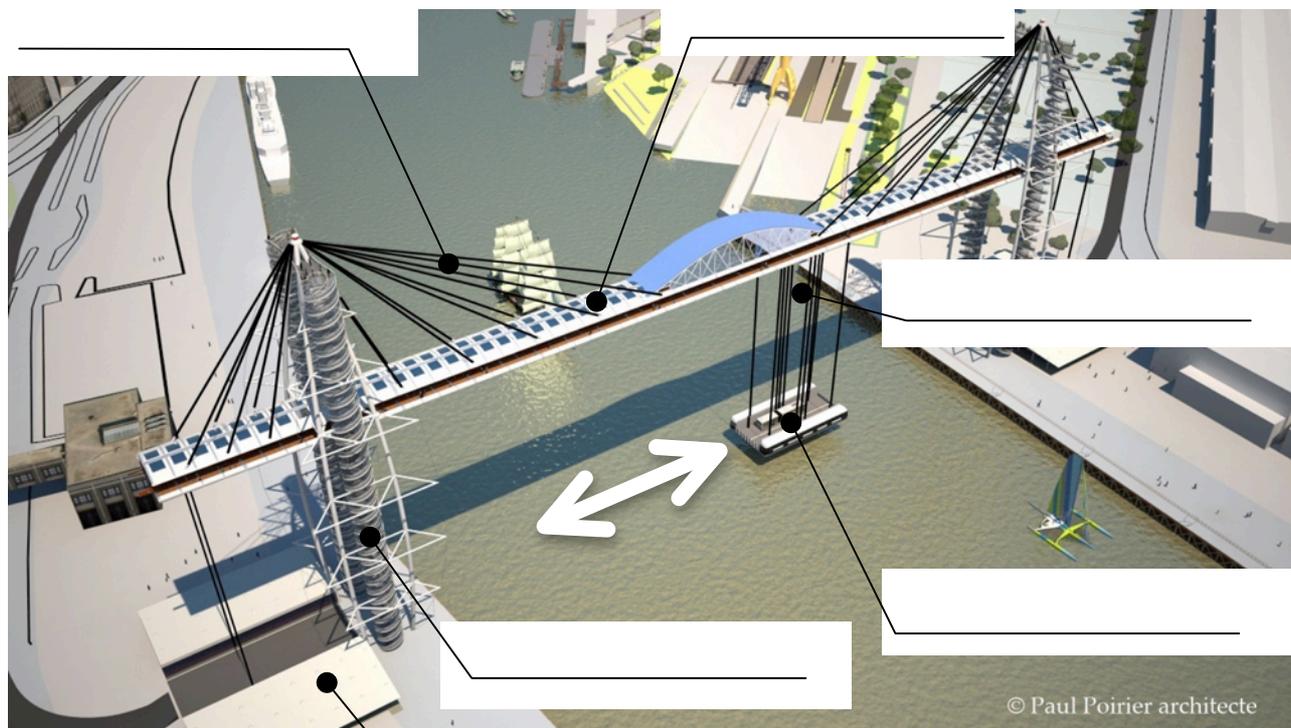
Rappel : 1 ko = 1024 octets =  $2^{10}$  octets,

1 Mo = 1024 ko =  $2^{20}$  octets,

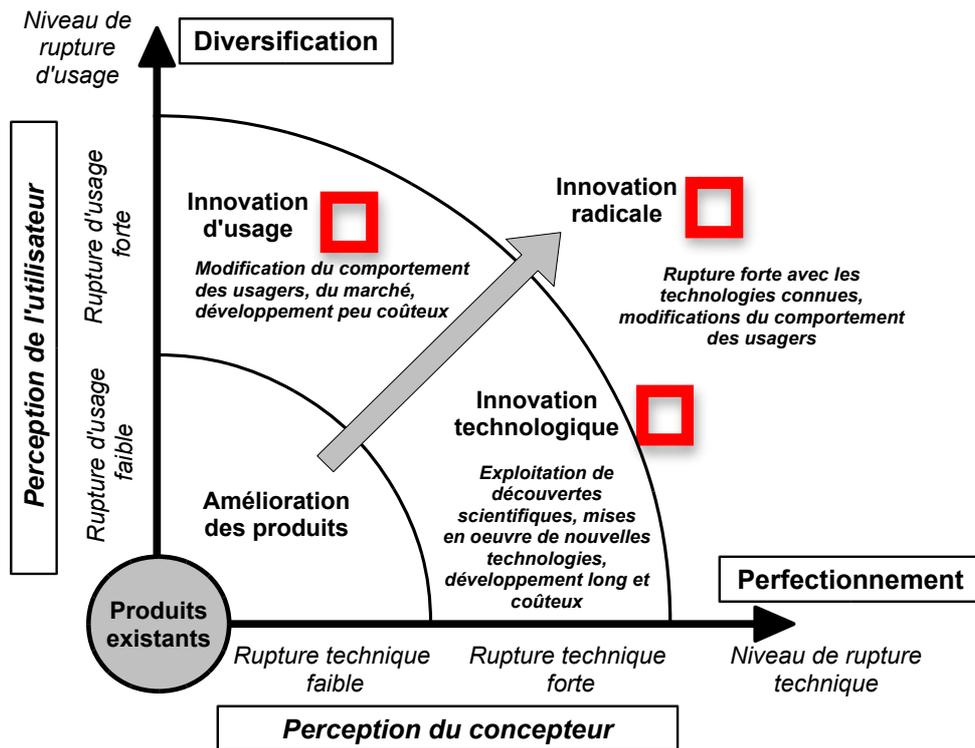
1 Go = 1024 Mo =  $2^{30}$  octets.

# DR1 – Document réponse 1

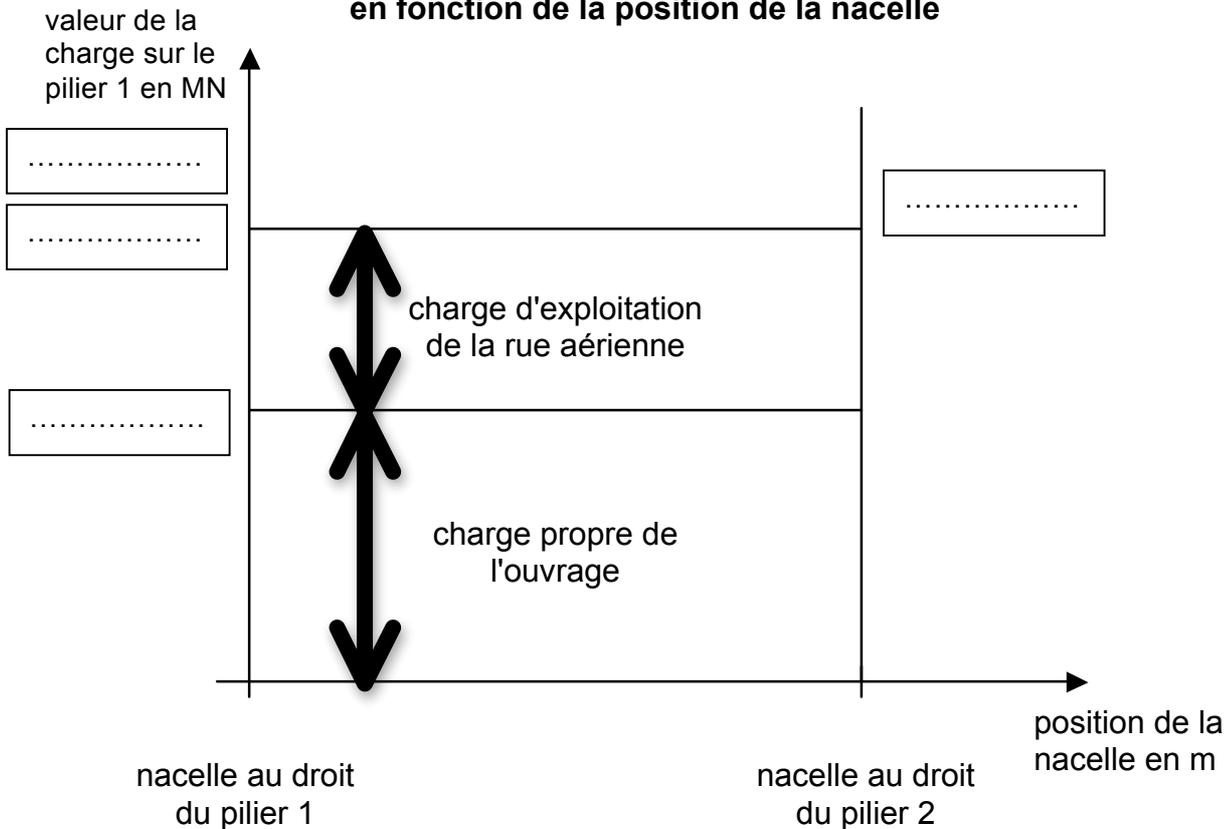
## Question 1.1.1 : éléments constitutifs du pont transbordeur



**Question 1.1.4 : type d'innovation**



**Question 1.2.2 à 1.2.4 : charge maximale apportée uniquement sur le pilier 1 en fonction de la position de la nacelle**



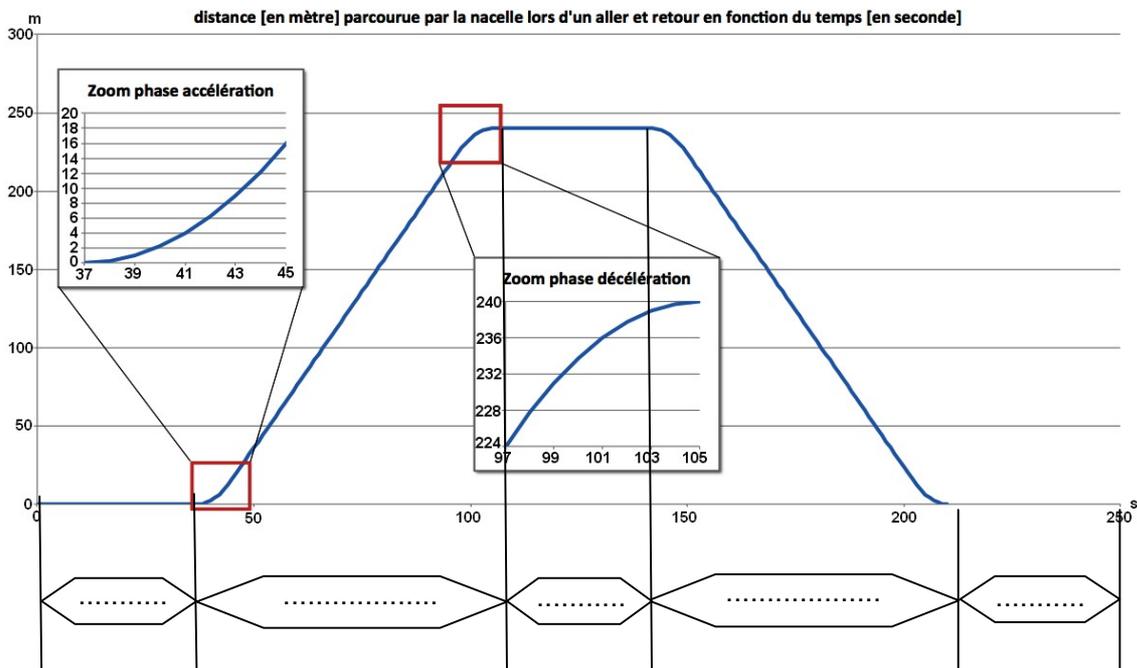
## DR3 – Document réponse 3

### Question 1.4.1 : fonctions des blocs de la chaîne d'énergie de la nacelle

BLOC	FONCTION	BLOC	FONCTION
variateur		roue	
moteur		nacelle	

### Question 1.4.2 : graphe des déplacements de la nacelle

Temps d'un cycle de rotation



### Question 2.1 : chaîne d'acquisition de l'effort dans le hauban 17

