

Ministère de l'Éducation Nationale
Direction Générale de l'Enseignement Scolaire

STRUCTURES MÉTALLIQUES

Supportages de Tuyauteries



Avant propos

Les évolutions des technologies, des contenus de formation et des pratiques pédagogiques nécessitent une adaptation constante des connaissances des enseignants.

La formation continue des professeurs qui en découle est organisée essentiellement au tour des services académiques de formation des personnels.

Le réseau national de ressources STRUCTURES MÉTALLIQUES, sous l'autorité de la Direction Générale de l'Enseignement Scolaire et de l'Inspection Générale, développe une politique de ressources pour la formation continue des enseignants.

Au travers des différents dossiers et fascicules élaborés par des professeurs du «terrain», le réseau permet de soutenir et d'accompagner cette formation, c'est -à-dire :

- ❑ Favoriser l'auto-formation des enseignants, à leur rythme, selon leurs besoins et sur leur lieu de travail,
- ❑ Proposer des réponses aux besoins et aux problèmes posés,
- ❑ Apporter des informations aux corps d'inspection (IEN – IPR) qui sont les relais avec le «terrain»,
- ❑ Elaborer des supports de formation pouvant être utilisés par les inspecteurs et les services académiques de formation.

C'est dans cette optique que vous sont proposés les dossiers ressources STRUCTURES MÉTALLIQUES.

Ce dossier a été élaboré par : Thierry Sancier

Coordination du Centre National de Ressources Structures Métalliques
Jean Claude TÊTOT
Professeur à l'IUFM de Créteil - SSTP de St Denis
Courriel : Jean-claude.tetot@creteil.iufm.fr



Centre National de Ressources Structures Métalliques
IUFM –SSTP - CNRSM - Place du 8 Mai 45 BP 85 - 93203 St Denis
Téléphone 01.49.71.87.00 Courriel : Jean-claude.tetot@creteil.iufm.fr
Site du CNRSM : <http://cnrsm.creteil.iufm.fr>

	Pages
Sommaire	2
Objectifs du dossier	3
Mise en relation avec les compétences du référentiel BTS ROC	3
Aspect pratique pour le professeur :	4
1 Définition (d'après la norme NF E 29-850)	5
2 Représentation des supportages sur les lignes isométriques de tuyauterie	5
3 Quelques exemples de produits	6
4 Critères de choix d'un composant à partir de l'étude d'un cas	8
4.1 Mise en situation	8
4.2 Effet de la Pression lors de la mise en situation d'épreuve de la ligne	9
4.3 Effet de la température lors de la mise en situation de service de la ligne de tuyauterie (1-3)	11
4.4 Effet de la force de dilatation sur les supports.	12
4.5 Effet de la force de pesanteur sur la ligne de tuyauterie (1 -3)	13
4.6 Effet de l'environnement sur la position des supports.	14
4.7 Détermination des charges à reprendre par le supportage de la ligne (1 -3)	15
5 Choix d'un composant standard chez Li sega.	16
6 Les supports variables et constants	18
6.1 Les supports variables	18
6.2 Les supports constants	18
7 Applications	19

Objectifs du dossier :

Ce dossier pourra permettre au professeur de construction en BTS ROC de réaliser une séance de type Cours-TD sur les supports des lignes de tuyauterie. Il propose une mise en situation d'un problème technique. Des exemples industriels de solutions technologiques sont présentés, ils permettront au professeur d'en dégager des critères de choix. La documentation est tirée soit de plans industriels, soit de logiciels industriels d'aide au choix, soit de sujets de BTS.

Le professeur travaille avec les élèves autour de plans et de photos dans le but de faire émerger différentes représentations symboliques des supports de tuyauterie. Cette mise en situation constitue un véritable travail sur le sens qui permet ensuite une mise en pratique sur un support didactisé. Pour cet exemple, plusieurs simulations numériques sont utilisées pour mettre en évidence les principales déformations (dilatation, ouverture de coude, etc..), les effets dus à la pression, à la température, et à la gravité. On donne au professeur des méthodes simples pour justifier les ordres de grandeurs et pour en déduire les conséquences technologiques sur le choix d'un supportage. En parallèle, les notions de base de la Mécanique théorique sont mises en application sur une ligne élémentaire de tuyauterie. Elles sont au service de la conception du supportage.

Au final, l'élève est capable de choisir et de justifier son choix pour un composant standard modulaire du commerce. Il pourra, par exemple, utiliser à bon escient le logiciel LICAD pour sélectionner un support chez le leader mondial, la société LISEGA.

Mise en relation avec les compétences du référentiel BTS ROC

Niveau d'acquisition 3 :

- Connaissance (En avoir reçu une explication détaillée)
- Savoir-faire (L'avoir pratiqué assez régulièrement pour l'exercer sans surveillance)

Capacités attendues dans le domaine du bureau d'études :

- Maîtriser les effets des phénomènes physiques rencontrés en construction.
- Etablir les dessins d'ensembles et de détails des lignes de tuyauteries.

Savoirs associés :

- Acquisition d'une culture technologique par l'analyse de dossiers industriels de type installation de tuyauterie.
- Phénomènes physiques agissant sur les installations (dilatations, efforts exercés par le fluide.)
- Technologie de construction des différents types d'appareils rencontrés dans la profession : justification des solutions constructives retenues.
- Vérification du dimensionnement de quelques éléments caractéristiques de la tuyauterie. Dans un souci d'efficacité, on fera appel aussi souvent que possible aux méthodes modernes de calcul : assistance de l'ordinateur au travers de logiciels de résistances des matériaux classiques et d'éléments finis.

NB : Les calculs manuels auront surtout pour but d'exposer la méthode et d'en dégager les points clés. On s'attachera à faire apparaître l'importance entre bureau d'études-méthode-fabrication.

- Activités complémentaires : Connaissances à acquérir dans le domaine de la tuyauterie.

On s'attachera à développer :

- Technologie des éléments d'une ligne de tuyauterie (organe de supportages....)
- Choix de composants à partir de catalogues et d'abaques fournisseurs
- Evaluation des efforts, contraintes et déformations dues aux différentes situations de service dans des cas simples

Aspect pratique pour le professeur :

- Le dossier « Détermination d'un supportage d'une ligne de tuyauterie » peut être dupliqué et fourni aux élèves en ayant au préalable supprimé les réponses écrites en rouge.
- Les annexes suivantes peuvent être fournies aux élèves :
 - Doc. Plan Centrale St Ghislain.
 - Doc. Plan Nordon.
 - Doc. Vallourec (tube sans soudure tarif10-courbes à souder).
 - Doc. Sergot (dilatation linéaire des métaux).
- Les annexes suivantes sont plutôt des ressources pour le professeur :
 - Norme NF E 29-850 (Généralités sur les supports de tuyauterie industrielle).
 - Doc. « Les supportages MUPRO ».
 - Doc. « Catalogue Nordon ».
- Le professeur doit télécharger gratuitement :
 - Le logiciel LICAD sur le site www.lisega.fr.
Un code d'activation lui sera fourni par la suite. Il pourra sur chaque poste-élève installer ce logiciel en version française.
 - Les catalogues des composants standards de chez Lisega au format .pdf en version anglaise.

A Noter : Il ne me paraît pas intéressant au niveau BTS de télécharger le logiciel EASYSTEEL qui est un logiciel de conception et de dessin de charpentes secondaires sachant que nous avons dans nos établissements des modeleurs volumiques. De plus les interfaces de visualisation 3D ne sont pas à ma connaissance pas disponible avec SolidWorks ou Autodesk Inventor Professional.

Par contre, il est possible d'exporter vers Autocad les plans d'un support réalisé avec Licad.

Il faut pour utiliser Licad connaître les déplacements et la charge à reprendre par le support. Pour les tuyauteries de formes complexes, le logiciel Norflex de chez Nordon permet de calculer ces valeurs. Cependant, je tiens à rappeler que la forme d'une ligne de tuyauterie et que la position des supports est l'affaire d'experts ayant une grande expérience. En effet, lorsqu'on imagine la forme de la ligne de tuyauterie, il faut relier un point à un autre en évitant les collisions, en travaillant sur des formes qui minimisent les contraintes dues aux déformations et s'approcher de la structure du bâtiment pour fixer les supports. Ensuite, seulement, les logiciels nous permettront de prévoir les déplacements de la ligne et de choisir les supports.

- Le professeur peut à l'aide d'un vidéo projecteur projeter :
 - Le dossier « Détermination d'un supportage d'une ligne de tuyauterie ».
 - La simulation « Calcul éléments finis » réalisée avec « Cosmos ou Ansys » suivant le modeleur volumique disponible « SolidWorks ou Autodesk Inventor Professional ».
 - La simulation sous RDM Le Mans Ossatures.

A Noter : Les fichiers correspondants aux simulations numériques ne sont pas disponibles dans ce dossier étant donnée la simplicité de la modélisation. Seuls les résultats sont présentés.

- Le professeur peut à l'aide d'un rétroprojecteur projeter « les documents de présentation »
- Le professeur peut en application de ce Cours-TD utiliser les sujets de BTS suivants :
 - Conception 1996 (conception d'une liaison glissière type patin et d'un pendentif).
 - Mécanique 1994 (choix d'un support à portance constante chez Lisega et dimensionnement d'une butée).
- Au niveau de la progression, cette activité me paraît plus adaptée en deuxième année de BTS car elle permet de faire retravailler aux élèves les notions de bases souvent vues en première année BTS ROC.
- Le professeur peut me contacter pour faire évoluer ce dossier à l'adresse : thierry.sancier@ac-dijon.fr

Détermination d'un supportage d'une ligne de tuyauterie

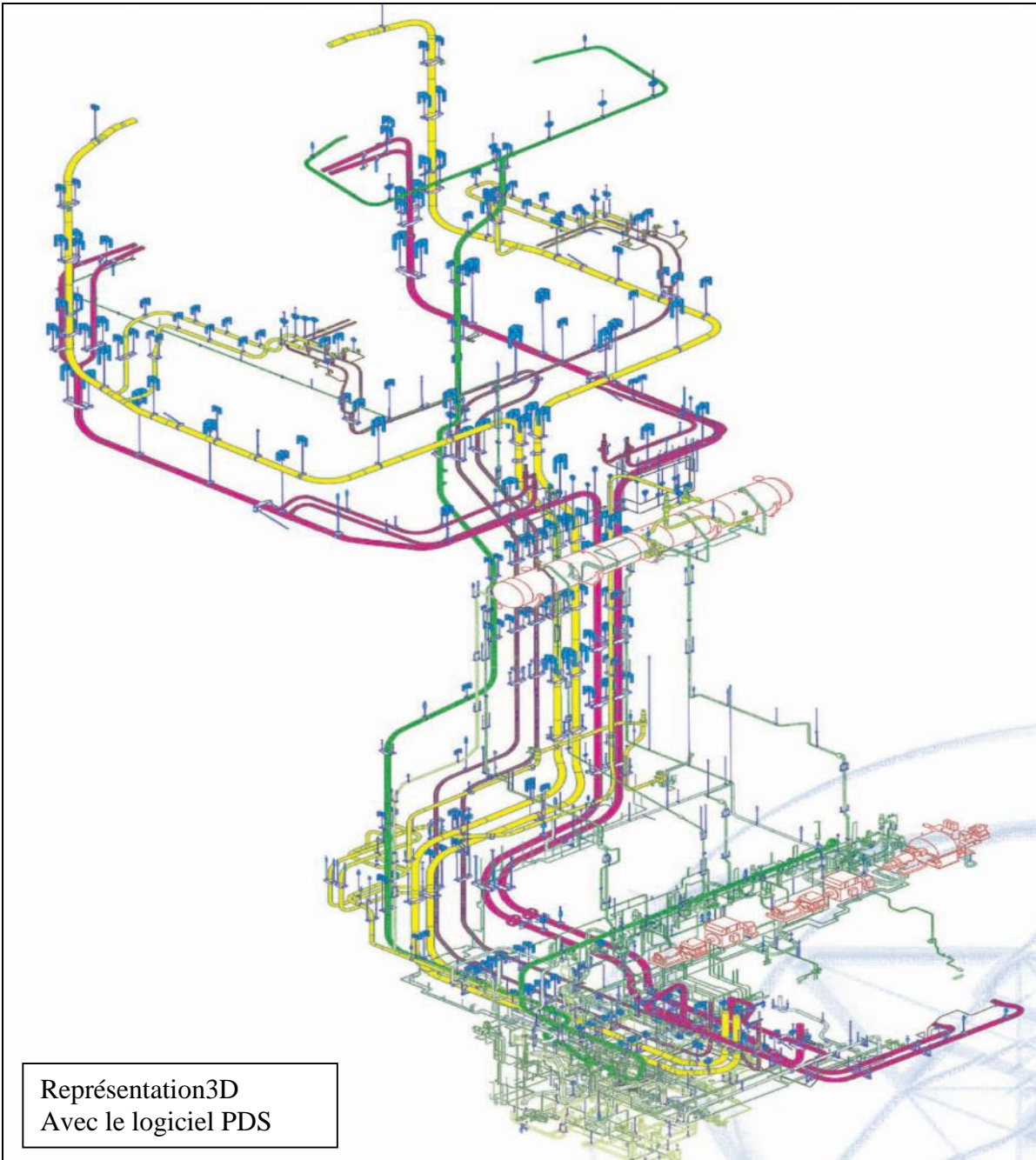
T 1 Définition (d'après la norme NF E 29-850)

On entend par « supportage » l'ensemble des dispositifs **liés** à la tuyauterie et **destinés** à :

- supporter son poids ainsi que celui de tous les équipements qui lui sont associés.
- orienter et répartir les effets des sollicitations exercées par la tuyauterie sur son environnement ou sur elle-même.

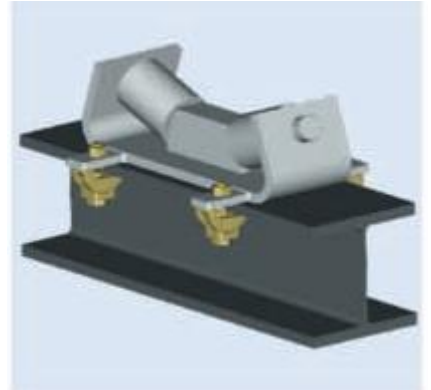
T 2 Représentation des supportages sur les lignes isométriques de tuyauterie

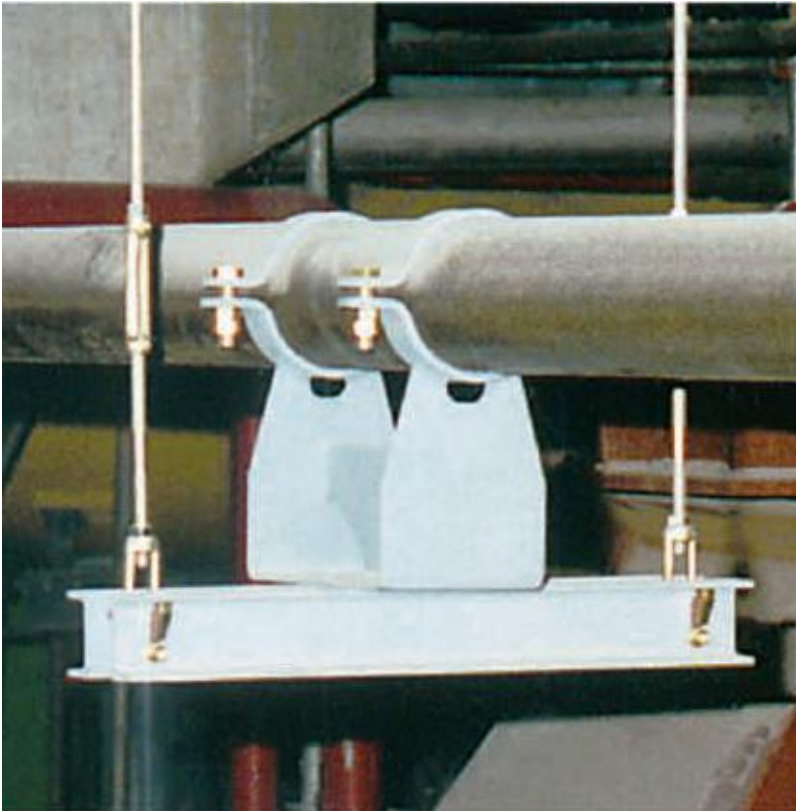
(Voir les représentations symboliques des supports sur les plans Centrale St Ghislain et Nordon)



Représentation3D
Avec le logiciel PDS

T 3 Quelques exemples de produits





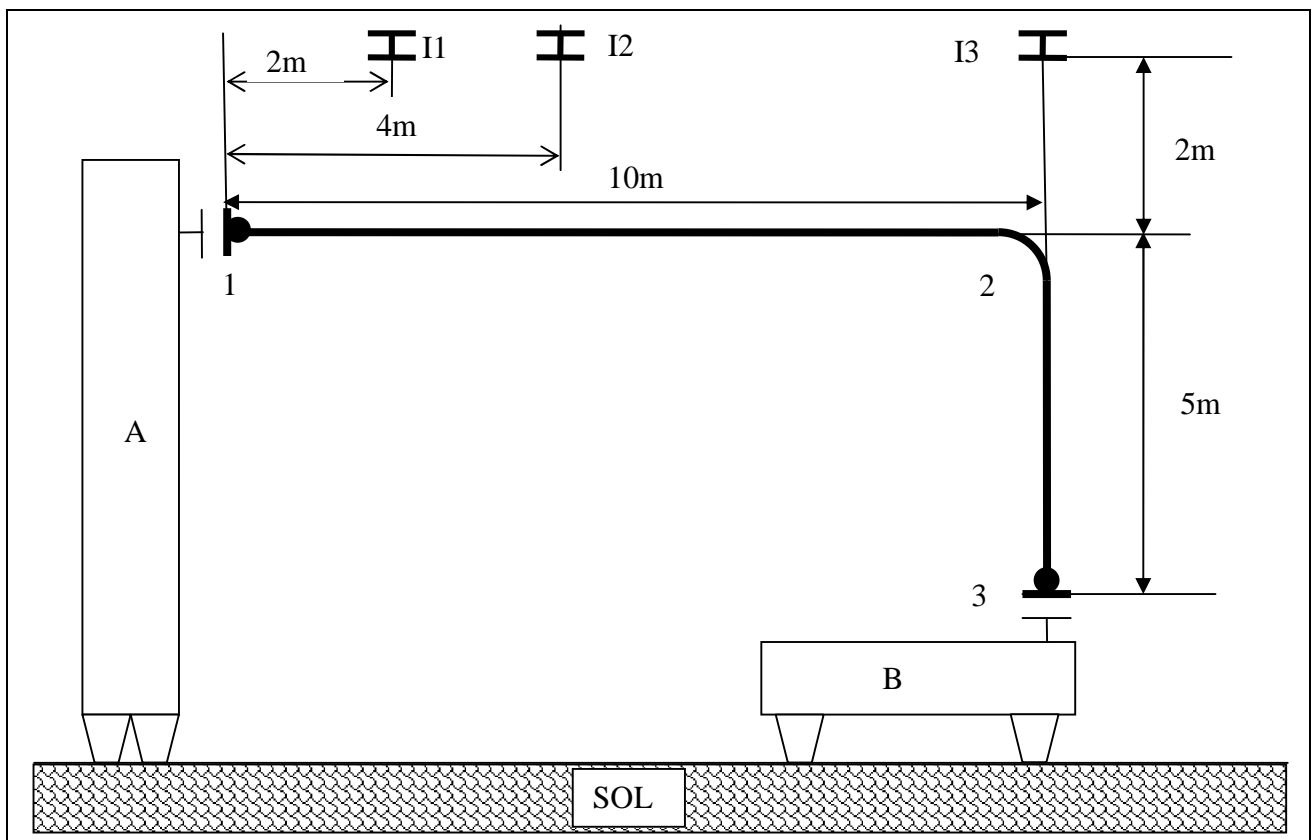
T 4 Critères de choix d'un composant à partir de l'étude d'un cas.

ST 4.1 Mise en situation

Dans une chaufferie, une conduite transporte de l'eau surchauffée à 200°C à une pression de 30 bars entre deux appareils A et B. La canalisation est située dans le plan vertical et sera calorifugée. On choisit un tube sans soudure diamètre extérieur 244.5 mm (Voir documents Vallourec)

On souhaite déterminer le supportage de la ligne de tuyauterie (1-3) dans l'environnement défini ci-dessous. On pourra suspendre la tuyauterie à la charpente composée de poutres HEA 200.

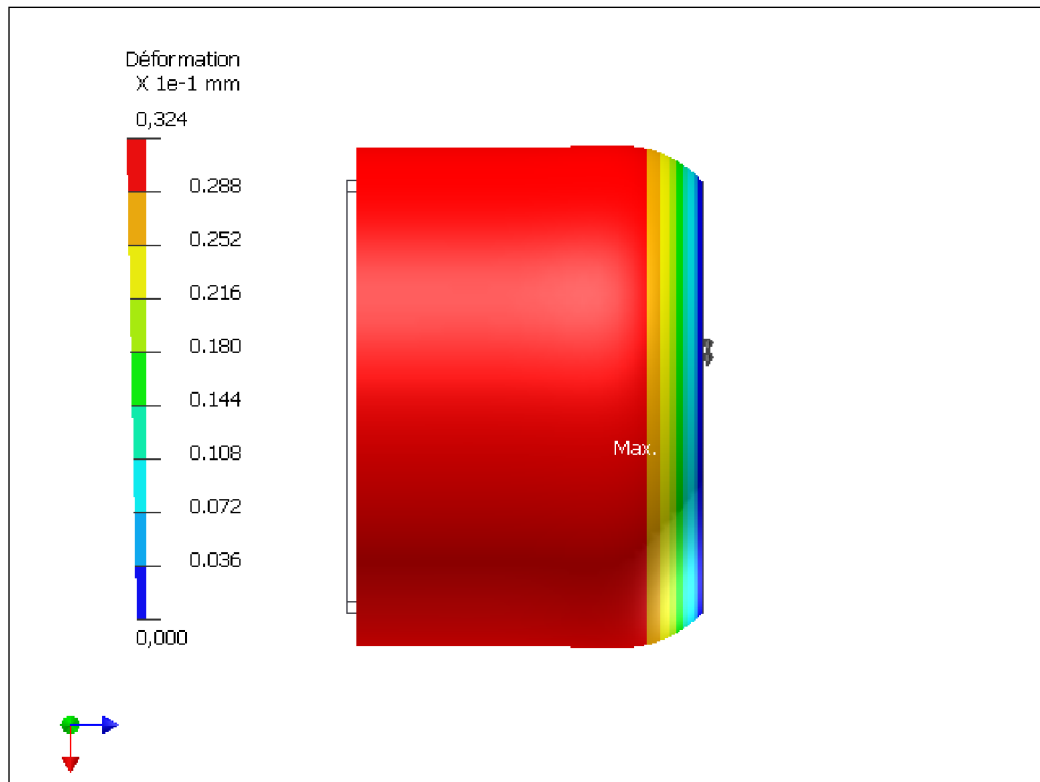
Projection orthogonale de la ligne



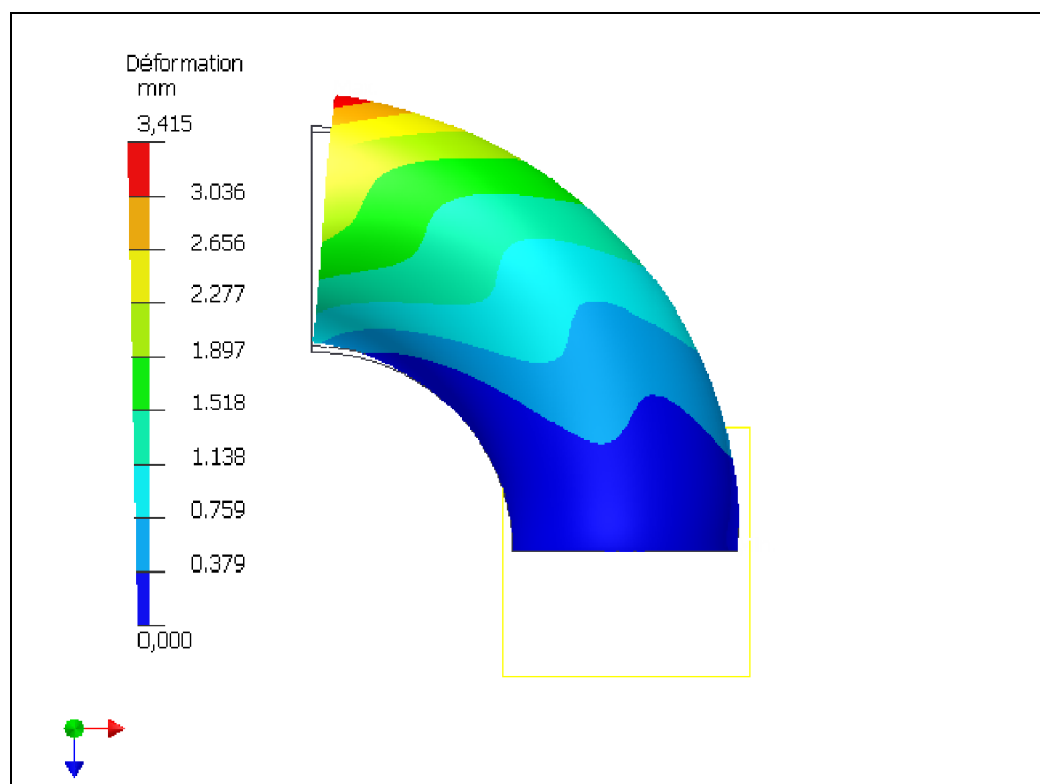
ST 4.2 Effet de la Pression lors de la mise en situation d'épreuve de la ligne

Afin de tester la ligne, en situation d'épreuve, d'après le CODAP par exemple, on la remplit d'eau et, à température ambiante, on exerce **une pression** de 36 bars. Que se passe-t-il sur la tuyauterie ? (Simulations sous Autodesk Inventor Professional 9 module ANSYS)

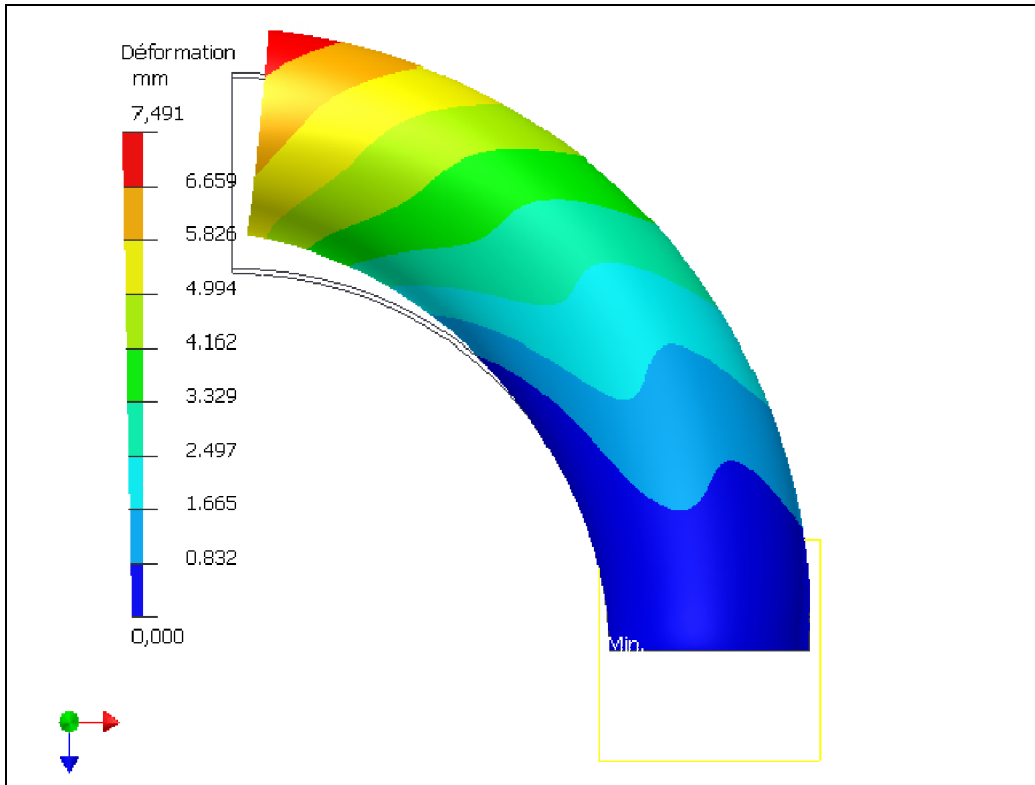
Pour le tube bridé à son extrémité droite.



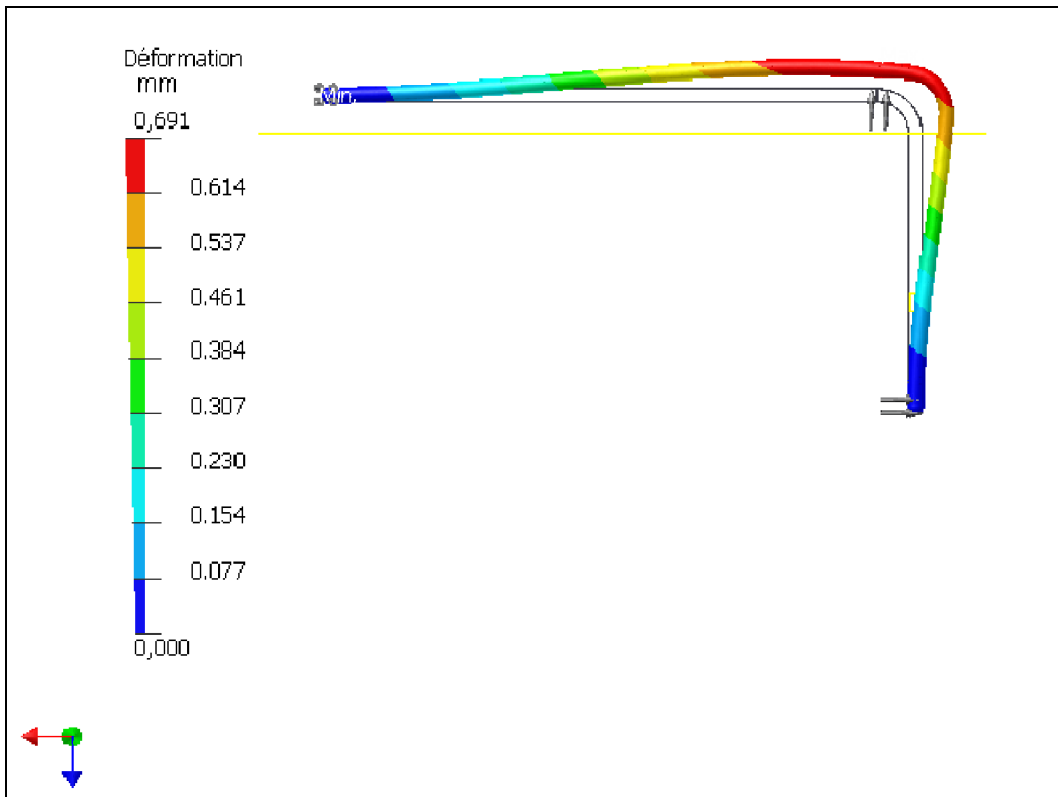
Pour le coude 3d bridé à son extrémité inférieure.



Pour le coude 5d bridé à son extrémité inférieure



Pour la ligne (1-3) bridée à ses deux extrémités avec un coude 3d.



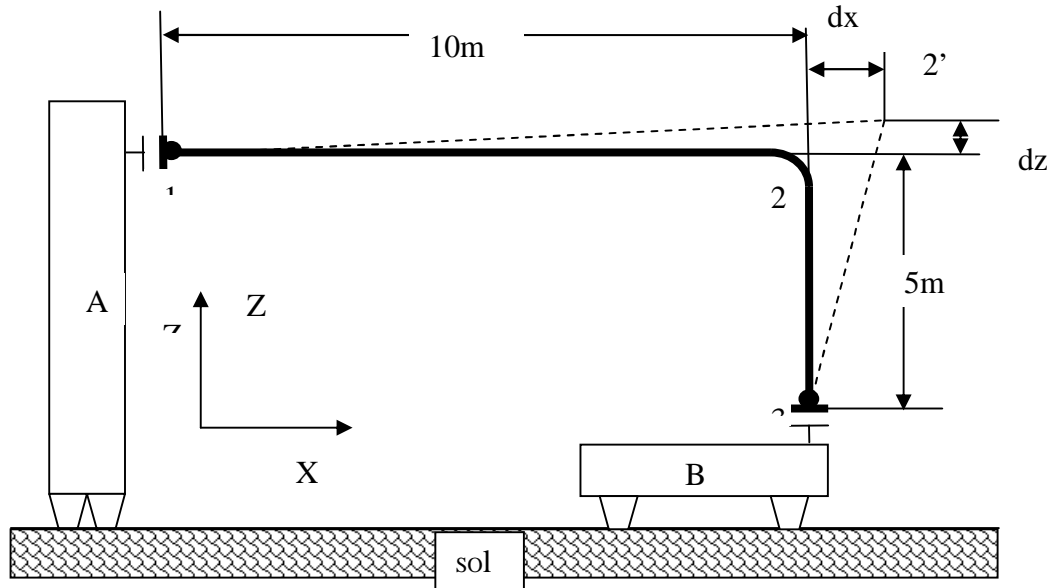
Bilan : La pression dans la ligne de tuyauterie (1 -3) a généré des déformations négligeables.

ST 43 Effet de la température lors de la mise en situation de service de la ligne de tuyauterie (1-3)

La variation de température de la tuyauterie est de 200°C.

Le coefficient de dilatation linéaire moyen pour l'acier est de 12 microns par mètre par degré Celsius.
(Voir en annexe SERGOT Paris page 950)

Que se passe-t-il en faisant l'hypothèse que les appareils A et B sont indéformables ?



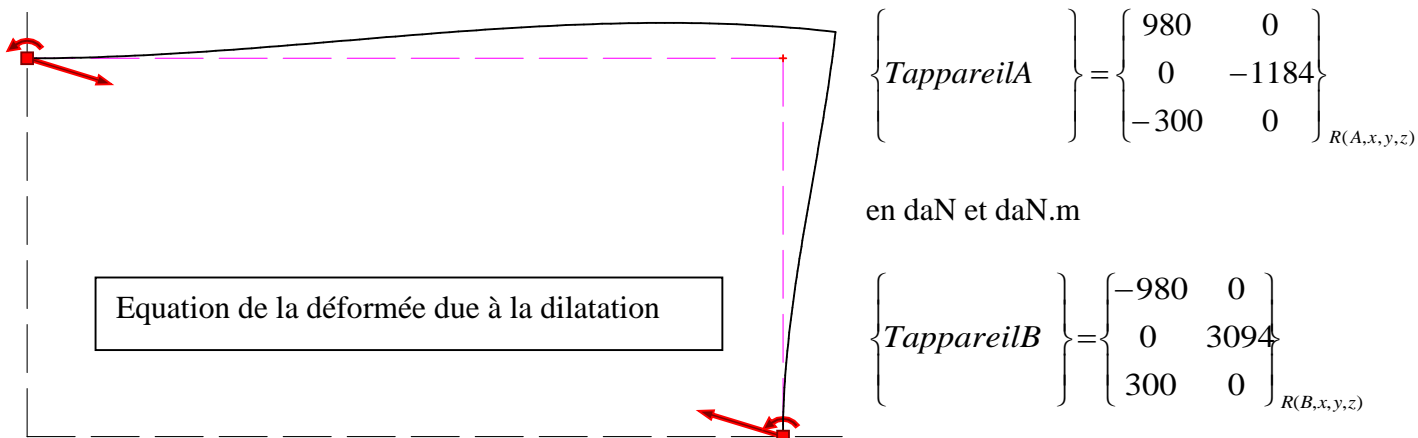
Les nœuds 1 et 3 sont immobiles, le nœud 2 se déplace en 2'.

La courbe (1-2'-3) représente l'allure de la déformée de la ligne après élévation de la température.

$$dx = 12 \cdot 10 \cdot 200 = 24 \text{mm}$$

$$dz = 12 \text{mm}$$

Modélisation du phénomène sous RDM Le Mans Ossatures
(Hypothèses, liaisons encastrements aux nœuds 1 et 3).



On remarque que :

- Les dilatations induisent des actions mécaniques sur les appareils A et B aux points de raccordement 1 et 3 qui peuvent les détériorer.
- A noter que plus la distance 23 sera courte, plus le moment exercé en 3 sera important.
- La tuyauterie risque de ne plus être en contact avec son supportage si celui-ci ne suit pas le mouvement de la tuyauterie. Ainsi, le poids propre de la ligne sera supporté par les appareils A et B.

ST 4.4 Effet de la force de dilatation sur les supports .

Imaginons que le supportage accroché sur l'HEA 200 noté I3 impose un déplacement $dz = 0$ de la ligne (2-3). On pourrait par exemple choisir le supportage ci -contre.



Si le tronçon (2-3) subit une élévation de température de 200°C , il tend à s'allonger de 12mm.

Comme il est bridé, l'annulation de cet allongement est équivalente à une compression qui provoquerait un raccourcissement identique. En faisant l'hypothèse qu'il n'y a pas flambage du tube, déterminons l'effort de compression dans ces conditions :

Loi de HOOKE
 $= F / S = E * dl / L$

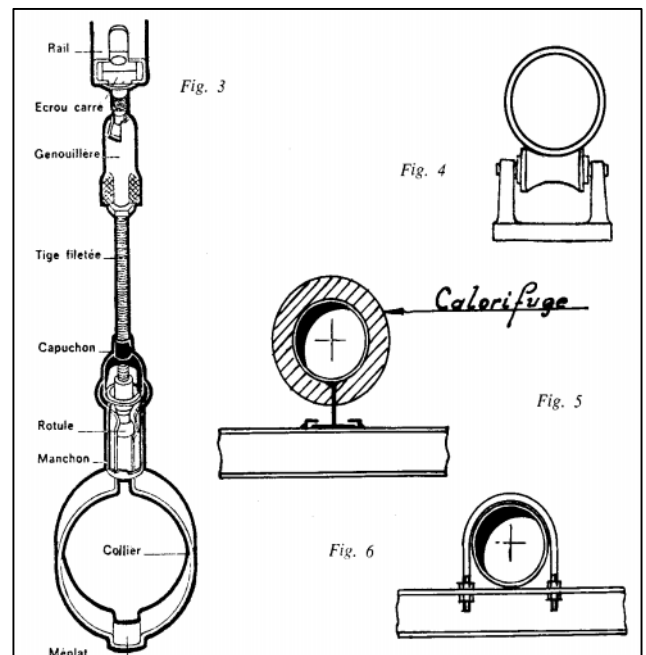
E module d'élasticité de l'acier $r 210000\text{MPa}$
L longueur de la poutre **5000 millimètres**
dl allongement **12 millimètres**
Section = 4678 mm^2
F force en Newton **$=2357726\text{N}=235\text{Tonnes}$**

Conclusion :

- La force développée par la dilatation est considérable...
- Si les points fixes 2 et 3 sont suffisamment résistants, le tube ne pourra pas s'allonger. Il en résultera des contraintes internes de compression qui amèneront le tube à flamber. La limite élastique peut être dépassée, d'où une déformation permanente du métal. Les joints des tuyauteries peuvent sauter.
- Si, en revanche, les points fixes ne sont pas suffisamment résistants, ils seront détériorés. Le tube fissurera, ou même abattra les murs entre lesquels il est « coincé ».
- Le choix du supportage ci-dessus en créant un point fixe ne convient pas car il ne permet pas la dilatation de la ligne (2-3) et risque de déformer l'appareil B.

La première règle pour le choix d'un support est de permettre la libre dilatation de la tuyauterie .

- Laisser glisser les tubes librement à l'intérieur des colliers de fixation et des fourreaux pour la traversée des cloisons et des planchers.
- Pour faciliter la dilatation longitudinale, on peut utiliser des colliers suspendus qui permettent un certain jeu (figure 3) ou faire reposer la tuyauterie sur des rouleaux (figure 4), des patins (figure 5), ou des étriers de guidage (figure 6).



ST 4.5 Effets de la force de pesanteur sur la ligne de tuyauterie (1-3)

On modélise la ligne de tuyauterie (1-3) par une ossature constituée par deux poutres (1-2) et (2-3). Cette ossature est en liaison encastrement aux nœuds 1 et 3 avec les appareils A et B.

- La masse linéaire du tube acier vaut : 37kg/m d'après doc Vallourec
- La masse linéaire d'eau contenue dans le tube vaut : $q = \rho \cdot s = 1000 \cdot \Pi \cdot 0.116^2 = 42\text{kg/m}$
- La masse volumique pour la fibre de roche pour le calorifugeage vaut : 50kg/m^3 .

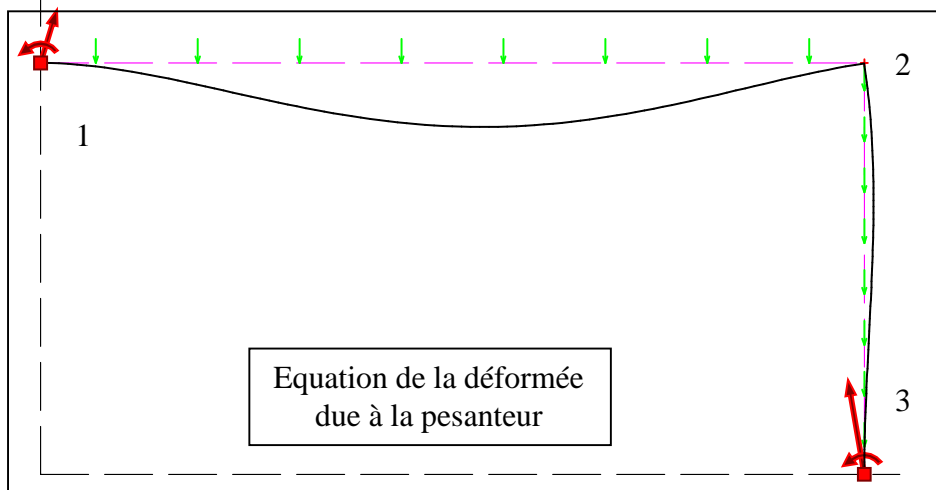
Sachant que l'épaisseur du calorifugeage est de 90mm, quelle est la masse linéique correspondante.

$$q = \rho \cdot s = 50 \cdot \Pi \cdot (0.21225^2 - 0.12225^2) = 4.72\text{kg/m} = 5\text{kg/m}$$

- La charge linéique totale appliquée sur l'ossature en daN/m. $q = 84\text{daN/m}$

On utilise RDM Le Mans Ossatures pour définir :

- La déformée maximum de l'ossature à 20°C $dz = 7\text{mm}$



BILAN : Il faut éviter les zones de rétention qui favorisent les dépôts et s'opposent à l'inclinaison prévue pour la ligne. Par convention, $dz_{\text{maxi}} \leq 5\text{mm}$

- Les actions mécaniques sur les appareils A et B.

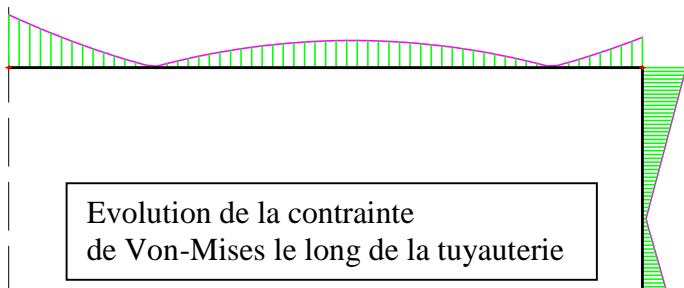
$$\left\{ \begin{matrix} T_{\text{appareil A}} \\ R(A, x, y, z) \end{matrix} \right\} = \begin{Bmatrix} 140 & 0 \\ 0 & 818 \\ 455 & 0 \end{Bmatrix} \quad \text{et} \quad \left\{ \begin{matrix} T_{\text{appareil B}} \\ R(B, x, y, z) \end{matrix} \right\} = \begin{Bmatrix} -140 & 0 \\ 0 & 231 \\ 805 & 0 \end{Bmatrix} \quad \text{en}(\text{daN})\text{et}(\text{daN.m})$$

BILAN : Le poids propre de la ligne est entièrement supporté par les appareils A et B qui subissent également des moments importants induits par la déformée de la ligne.

Ceux-ci ne sont pas dimensionnés pour absorber ces actions mécaniques.

Il faut mettre en place des supports pour reprendre l'effet de pesanteur sur la ligne.

- La contrainte maximum dans le tube



La contrainte Maximum de Von-Mises est de 30Mpa.

BILAN : L'effet de pesanteur crée dans le tube des contraintes supplémentaires. Celles-ci s'ajouteront aux contraintes générées par les effets de la pression et de la dilatation.

ST4.6 Effet de l'environnement sur la position des supports.

On considère qu'une tuyauterie est idéalement supportée lorsqu'elle n'exerce aucune action, due à la pesanteur, sur les appareils qu'elle relie.

Il faut prévoir des supports placés à proximité des appareils A et B et d'autres placés sous les centres de gravité de chaque tronçon élémentaire (1-2) et (2-3) permettant l'équilibre de la ligne.

- Pour le tronçon vertical (2-3), cette condition est réalisée automatiquement.
- Pour le tronçon horizontal (1-2), il convient de tenir compte de la flexion du tube. (l'écartement des supports est fonction du diamètre et de l'épaisseur du tube.)

Indications suivant la norme NF E29-850

Tableau A2.3.3 - ÉCARTEMENT APPROXIMATIF ENTRE SUPPORTS (en mètres)

Diamètre extérieur (en mm) (1)	Tuyauterie vide (2) non calorifugée	Tuyauterie vide (2) calorifugée	Tuyauterie pleine d'eau non calorifugée	Tuyauterie pleine d'eau calorifugée
17,2	1,5	1,1	1,1	0,9
21,3	2,5	2,2	2	1,8
26,9	2,7	2,4	2,2	2
33,7	3,2	2,8	2,5	2,2
48,3	4	3,5	3	2,5
60,3	4,5	4	3,5	3
88,9	5	4,5	4	3,5
114,3	5,5	5	4,5	4
141,3 (ou 139,7)	6	5,5	5	4,5
168,3	6,5	6	5,5	5
219,1	7	6,5	6	5,5
273	7,5	7	6,5	6
323,9	8	7,5	7	6,5
355,6	8,5	8	7,5	7
406,4	9	8,5	8	7,5
457,2	9,5	9	8,5	8
508	10	9,5	9	8,5

- Température maximale de service : 400 °C
- Ne pas employer lorsque la tuyauterie comporte des charges ponctuelles : brides, vannes.
- A titre d'information, les écartements ci-dessus ont été basés sur une contrainte combinée flexion-cisaillement due au supportage de l'ordre de 10 N/mm², tuyauterie calorifugée pleine d'eau.

(1) Pour les diamètres intermédiaires, interpoler.
(2) Peuvent être considérés comme vides, les tuyauteries d'air comprimé, de gaz ou de vapeur.

Mais, la plupart du temps, afin de minimiser les coûts, on cherche à :

- limiter le nombre de supports au strict minimum et à choisir leur position et leur genre tout en se rapprochant des conditions idéales d'équilibre.
- **s'ancrer à la structure existante**, ainsi, la position et le type de support va dépendre de **l'environnement** de la ligne de tuyauterie.

Dans notre exemple, pour le supportage de la ligne (1-3), on peut envisager trois solutions.

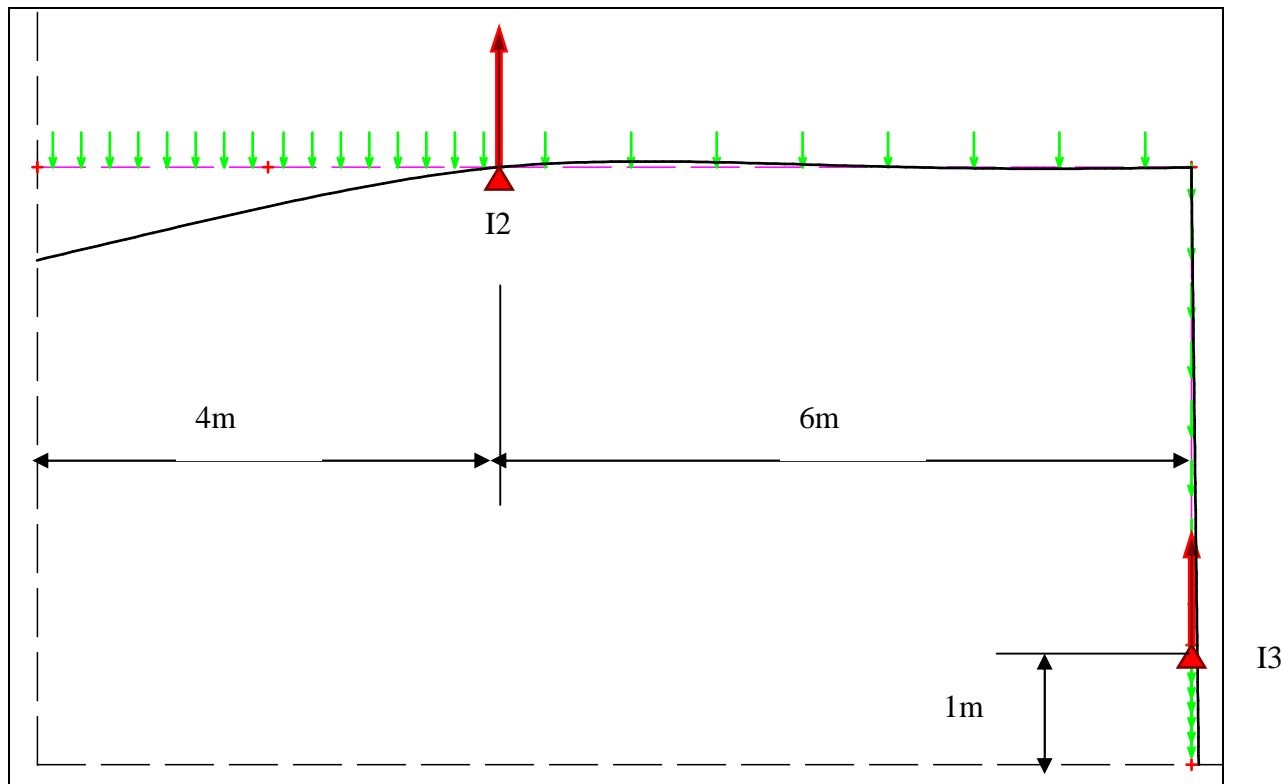
- trois supports ancrés sur les HEA n°1, n°2, n°3. (coût trop important)
- deux supports ancrés sur les HEA n°1 et n°3. (non respect de l'écartement entre deux supports)
- deux supports ancrés sur les HEA n°2 et n°3.

La dernière solution qui se rapproche des conditions idéales d'équilibre sera retenue.

Elle optimise le coût du supportage en minimisant le nombre de supports, respecte l'écartement entre les supports et limite les efforts sur les appareils A et B.

ST4.7 Détermination des charges à reprendre par le supportage de la ligne (1 -3)

On calcule les charges appliquées aux divers supports d'une tuyauterie sollicitée exclusivement par la pesanteur, **c'est-à-dire en négligeant les effets de la température, les vibrations, les coups de bélier, les effets du vent ou de la neige.** On considère que les actions mécaniques exercées par les appareils A et B sur la ligne sont nulles. On modélise les supports par des liaisons ponctuelles.



Déterminons les actions exercées par les supports en I2 et I3 en appliquant le P.F.S. au point I2. La charge linéique totale appliquée sur l'ossature en daN/m. vaut : $q = 84 \text{ daN/m}$.

$$I_2 = 700 \text{ daN} \text{ et } I_3 = 560 \text{ daN}$$

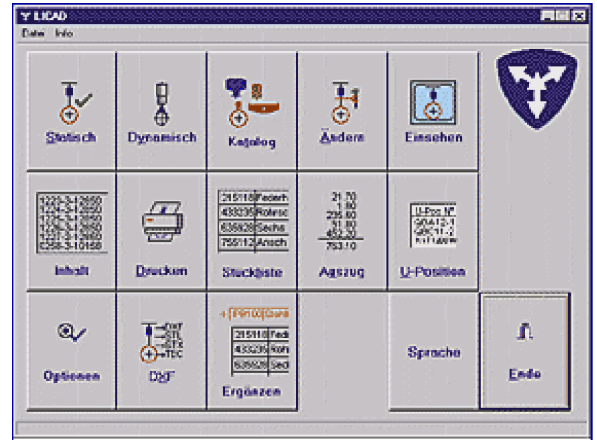
T 5 Choix d'un composant standard chez Lisega.

On souhaite acheter des composants standards pour réaliser le supportage de la ligne de tuyauterie (1-3). Les sociétés Lisega, Nordon, Mupro et d'autres proposent des solutions. Choisissons, par exemple, des composants modulaires de la société Lisega pour le support I3. Cette société propose un logiciel Licad 2010, pour définir un supportage optimum.

LICAD2010 est facile à utiliser

Les données importantes pour la conception d'un support sont entrées en suivant le menu. Seuls 6 paramètres sont nécessaires pour trouver la solution optimale.

- Diamètre de la tuyauterie
- Température
- Charge en service
- Déplacement
- Hauteur de montage
- Configuration du support



Automatiquement la solution la moins chère

Avec cette saisie, les chaînes de charge appropriées sont créées automatiquement en quelques fractions de seconde. La sélection optimale des supports variables et constants est faite simultanément par le logiciel. Les exigences spécifiques du client telles que déplacement et réserves de charge en accord avec l'ASME, ou autres normes peuvent, bien entendu, être prises en compte. Ceci se fait en suivant un menu spécifique. En tenant compte de ces exigences, l'algorithme est programmé pour garantir et sélectionner, parmi toutes les possibilités, la solution la plus économique.

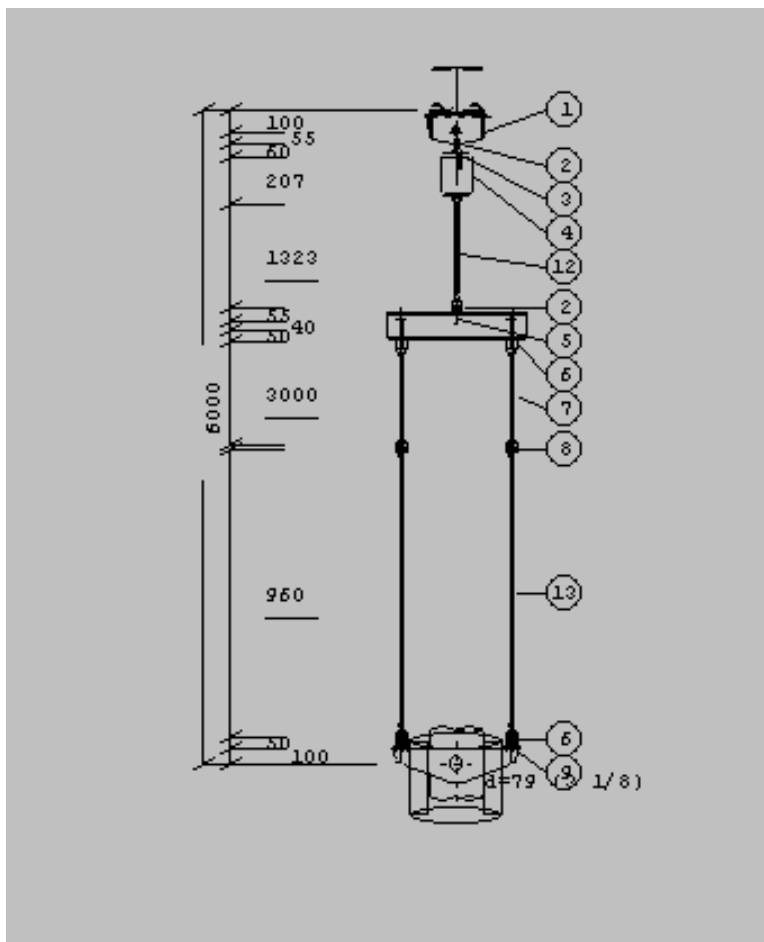
GROUPES DE PRODUITS



On remarque qu'une multitude de solutions concernant la construction du supportage I3 est proposée. Le choix dépend de l'encombrement dont on dispose. Il faut également éviter les interférences avec les autres tuyauteries par exemple.

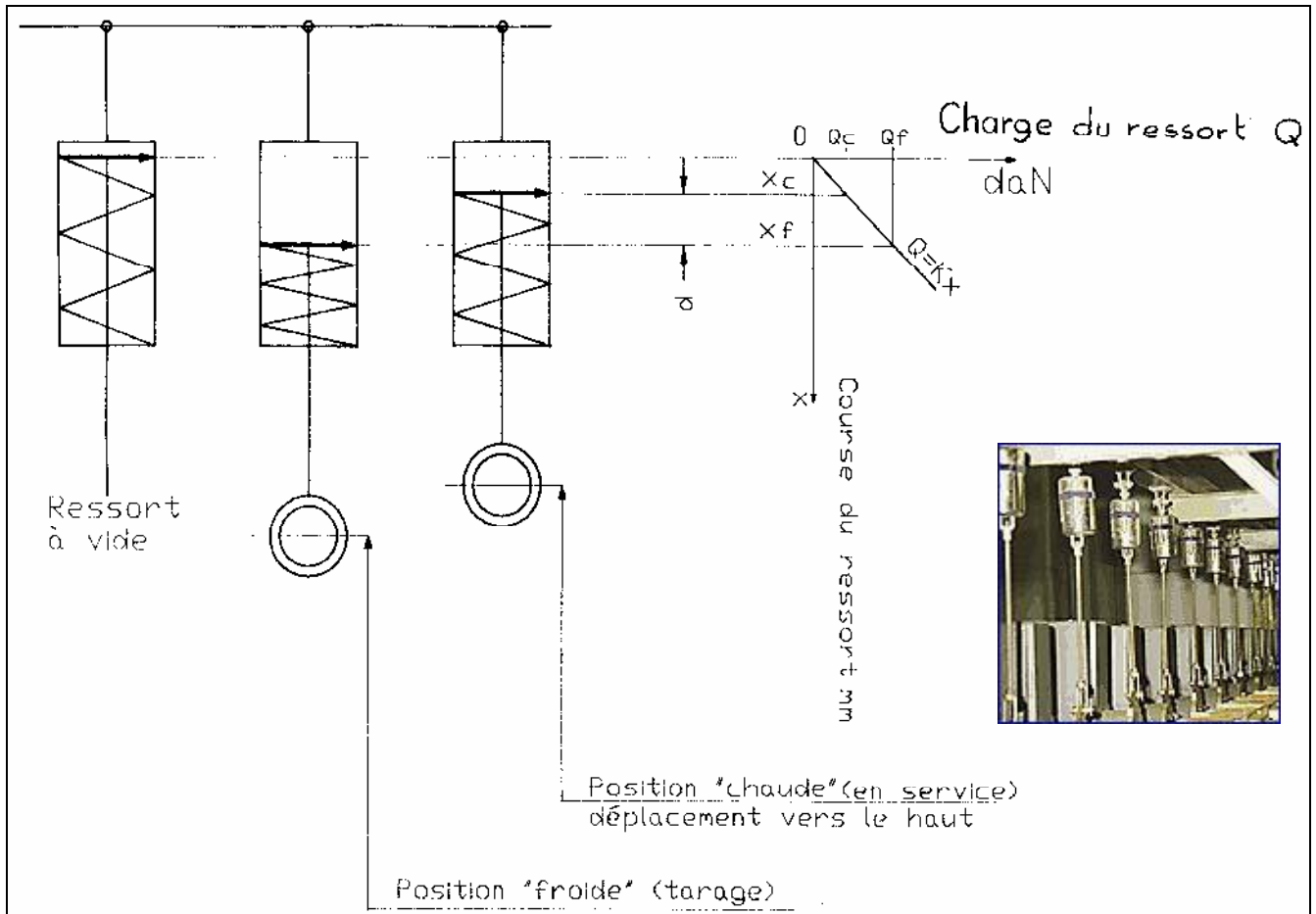
Une solution possible pour le support I3.

Nomenclature						
N°	Type	Désignation	Qté	Poids	Matière	Dimension
01	784111	Eclisse	1	8.05		HE200A
02	614912	Chape taraudée avec axe	2	2.00	P250GH	
03	674113	Pièce filetée	1	0.12	S355JO	60
04	214118	Support variable	1	9.20		
05	794339	Traverse	1	18.50	S235	500
06	613912	Chape taraudée avec axe	4	1.60	P250GH	
07	673713	Tige filetée	2	7.80	S235JRG2	3000
08	643918	Manchon coupleur	2	0.40	S235JRG2	
09	482411-0500	Collier vertical	1	13.00	S235	D244.5
10	634928	Ecrou hexagonal	2	0.12	Gr. 8 M20	
11	633928	Ecrou hexagonal	8	0.24	Gr. 8 M16	
12	674413	Tige filetée	1	3.00	S355JO	(1323)
13	673313	Tige filetée	2	2.60	S235JRG2	(960)
14	941100	Prémontage	1	0.00		
15	919201	Tarage support variable	1	0.00		



T6 Les supports variables et constants

ST 6.1 **Les supports variables** sont utilisés pour le supportage des tuyauteries, ou de toutes autres pièces, soumises à des déplacements verticaux modérés. Comme le nom l'indique, la force de supportage varie avec le déplacement vertical. On a une reprise élastique de la charge. L'emploi de ces supports est limité aux cas où le métal de la tuyauterie peut supporter une contrainte supplémentaire et où les appareils raccordés peuvent résister à des réactions plus importantes.



Déterminons pour le support variable 214118 du supportage I3 Q_c , sachant que :

- $Q_f = 5,6 \text{ kN}$
- $X_f - X_c = 2,4 \text{ mm}$
- la raideur k du ressort vaut : $k = 133,3 \text{ N/mm}$

$$\tan \theta = (5600 - Q_c) / 2,4 = k \cdot 133,3 \quad Q_c = 5600 - 133,3 \cdot 2,4 = 5280 \text{ N}$$

Déterminons en pourcentage la variation de portance.

$$X = (Q_f - Q_c) / Q_f = 5,7\%$$

ST 6.2 **Les supports constants** ou à portance constante sont utilisés lorsque le déplacement de la tuyauterie engendre une variation de portance supérieure à 25% de la charge en service.

Ils sont utilisés en principe à partir de déplacements verticaux supérieurs à 40mm. Grâce à eux, les contraintes dans les tuyauteries et les réactions aux extrémités des lignes sont réduites au minimum.

Cependant, le coût est plus important que celui des supports variables.



T7 Exercices d'application :

- Conception 1996 (conception d'une liaison glissière type patin et d'un pendent).
- Mécanique 1994 (choix d'un support à portance constante chez Lisega et dimensionnement d'une butée).