



NOTE DI CALCOLO

NOTE DE CALCUL

Fissaggio esterno serbatoi toroidali
(sollecitazioni verificate: 20 g assiali - 8 g laterali)

Fixation extérieure réservoirs toriques
(contraintes vérifiées: 20 g axiales - 8 g latérales)

INDICE - INDEX

- 1. Introduzione - Introducion**
- 2. Tipologia di fissaggio - Typologie de Fixation**
- 3. Verifica di resistenza - Verification de résistance**
- 4. Disegni - Dessins**

Riferimento - Référence: BRC0007

Revisione - Révision: n° 0 del/du 27.06.01

Esecutore - Exécuteur: Ing. Danilo Ceratto

Codice - Code: F1140011



1 Introduzione.

1.1. Tipologia di serbatoio.

La presente relazione di calcolo è una verifica di resistenza del fissaggio di serbatoi toroidali alloggiati esternamente alla vettura, al di sotto del pianale. Tale verifica è effettuata prendendo in considerazione il serbatoio avente massa complessiva maggiore, in quanto caso peggiore.

Dati caratteristici del serbatoio.

Tipo (D x h)	650 x 270
D	650 mm
h	270 mm
i	106 mm
d	510 mm
Massa a vuoto	32 kg
Capacità	70 l
Riempimento	Fill = 80%
Massa volumica GPL	$\rho_{GPL} = 0.55 \text{ kg/dm}^3$

1.2. Sollecitazioni verificate.

La normativa francese di riferimento è la *PR/RTI/3.7.1: Transformation notable. Changement de source d'énergie. Equipement au gaz de pétrole liquéfié*, del 03.12.99

In particolare, al paragrafo 17.4.6. dell'annesso 4, si indicano come sollecitazioni massime per i veicoli delle categorie M1-N1, quelle determinate da accelerazioni pari a 20 g nella direzione di marcia e 8 g in quella ad essa normale, in entrambi i versi e con serbatoio riempito all'80% del suo volume.

2 Tipologia di fissaggio.

Il serbatoio viene fissato, al di sotto del pianale della vettura, mediante due fasce incrociate, viti, dadi e rondelle opportune, come indicato al **dis.1**.

Il posizionamento delle due fasce può essere effettuato secondo diversi angoli di incidenza tra le fasce (β) e rispetto alla direzione di marcia (γ), a seconda degli ingombri del serbatoio e del pianale sotto cui è fissato. Nel calcolo verrà considerata la condizione più critica, rappresentata al **dis. 3**, corrispondente ad una configurazione in cui il momento ribaltante, dovuto alla F applicata al serbatoio, viene contrastato da due sole viti, in quanto le altre due si trovano ad avere un braccio nullo rispetto al punto P di rotazione del serbatoio.

La verifica di resistenza viene effettuata per il solo caso dell'accelerazione di 20 g nella direzione di marcia, in quanto gli 8 g trasversali risultano essere un caso meno critico, sia per l'entità della forza d'inerzia che per il posizionamento più favorevole delle fasce.

3 Verifica di resistenza.

3.1. Determinazione delle reazioni vincolari.

Il serbatoio, riempito al massimo della sua capacità utile, ha una massa complessiva pari a m_{tot} .

$$m_{tot} = m_{serbatoio} + \rho_{GPL} \cdot fill \cdot V_{serbatoio} = 62.8 \text{ kg}$$

Nota l'accelerazione a nella direzione di marcia del veicolo a cui è sottoposto il serbatoio, si ricava la forza d'inerzia F .

$$a = 20 \cdot g = 196 \text{ m/s}^2$$

$$F = m_{tot} \cdot a = 12310 \text{ N}$$

3.1.1. Calcolo del precarico sui tiranti.

Il fissaggio delle due fasce al pianale del veicolo viene effettuato imponendo un certo precarico. In particolare si assume di applicare alle viti una forza di trazione iniziale F_{z0} , applicando alle stesse una coppia di serraggio pari a M_0 .

$$F_{z0} = 5000 \text{ N}$$

Note le caratteristiche geometriche di tiranti, si calcola la coppia M_0 da applicare per garantire una forza assiale pari a F_{z0} . Tale coppia è data dalla somma di un termine M_{01} dovuto all'attrito tra vite e madrevite ed un termine M_{02} dovuto all'attrito tra dado e longherone.

Caratteristiche dei tiranti.

Tipologia	viti testa esagonale M10 UNI 5712-75
Angolo profilo filetto	$\vartheta = 60^\circ$
Diametro medio filettatura	$d_2 = 9.25 \text{ mm}$
Passo	$p = 1.5 \text{ mm}$
Coefficiente di attrito dado/vite	$f_1 = 0.15$
Coefficiente di attrito dado/longheroni	$f_2 = 0.10$
Diametro medio dado CH 17	$D_m = 18 \text{ mm}$

$$M_{01} = F_{z0} \cdot \text{tg} \left[\arctg \left(\frac{f_1}{\cos \left(\frac{\vartheta}{2} \right)} \right) + \arctg \left(\frac{p}{\pi \cdot d_2} \right) \right] \cdot \frac{d_2}{2} = 5246 \text{ Nmm}$$

$$M_{02} = F_{z0} \cdot f_2 \cdot \frac{D_m}{2} = 4500 \text{ Nmm}$$

$$M_0 = M_{01} + M_{02} \cong 10 \text{ Nm}$$

3.1.2. Calcolo della sollecitazione complessiva sui tiranti.

Applicando al serbatoio la forza F , come indicato al **dis. 3**, si determina una coppia di ribaltamento del serbatoio.

Nella configurazione più critica, corrispondente ad avere due dei quattro punti di fissaggio a braccio nullo rispetto al fulcro di rotazione, tale sollecitazione è contrastata dalle reazioni vincolari F_{z1} di due viti.

Dall'equilibrio alla rotazione rispetto al punto P si ricava quindi il valore di F_{z1} .

$$F_{z1} = \frac{F \cdot h}{2 \cdot d} = 1630N$$

Si ricava quindi la sollecitazione a trazione complessiva sulle viti più sollecitate F_z .

$$F_z = F_{z0} + F_{z1} = 6630N$$

La reazione alla traslazione del serbatoio lungo l'asse y è data da un eguale contributo sui quattro punti di fissaggio ed è pari a F_y .

$$F_y = \frac{F}{4} = 3080N$$

3.2. Verifica di resistenza delle viti.

Caratteristiche delle viti.

Tipologia	viti testa esagonale M10 UNI 5712-75
Sezione resistente	$S_r = 58.0 \text{ mm}^2$
Diametro di nocciolo	$d_3 = 8.2 \text{ mm}$
Materiale	classe 8.8
Limite elastico a trazione	$\sigma_s = 640 \text{ N/mm}^2$
Coefficiente di sicurezza	$n = 1.5$

La sollecitazione è di tipo composto, di trazione semplice a causa di F_z e flessione a causa della F_y .

Si assume una distanza massima tra il punto di applicazione della F_y e la sezione di incastro della vite pari a $b = 5 \text{ mm}$. Tale valore può essere ottenuto anche interponendo un controdamo tra la cinghia ed il pianale della vettura.

Si calcolano quindi le tensioni sulle viti dovute alle due tipologie di sollecitazione e quella complessiva.

$$\sigma_{\text{trazione}} = \frac{F_z}{S_r} = 114 \frac{N}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_{\text{flessione}} = \frac{F_y \cdot b}{\frac{\pi \cdot d_3^2}{32}} = 284 \frac{N}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_{\text{viti}} = \sigma_{\text{trazione}} + \sigma_{\text{flessione}} = 398 \frac{N}{\text{mm}^2} \quad \langle \quad 426 \frac{N}{\text{mm}^2} = \frac{\sigma_s}{n}$$

3.3. Verifica di resistenza del pianale di appoggio del serbatoio.

Caratteristiche lamiera del pianale di appoggio del serbatoio.

Spessore	$s = 0.6 \text{ mm}$
----------	----------------------

Limite elastico a trazione	$\sigma_s = 275 \text{ N/mm}^2$
Limite elastico a taglio	$\tau_s = 175 \text{ N/mm}^2$
Coefficiente di sicurezza	$n = 1.5$
Diametro rondelle	$D_r = 30 \text{ mm}$

Si considera la lamiera della vasca sollecitata a taglio dalla forza F_z lungo il perimetro delle rondelle applicate.

$$\tau = \frac{F_z}{\pi \cdot D_r} = 70 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} < 116 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = \frac{\tau_s}{n}$$

3.4. Verifica di resistenza delle cinghie

Caratteristiche cinghie.

Larghezza	$b = 30 \text{ mm}$
Spessore	$s = 3 \text{ mm}$
Limite elastico a trazione	$\sigma_s = 220 \text{ N/mm}^2$
Coefficiente di sicurezza	$n = 1.5$
Diametro foro passaggio vite	$D_v = 11 \text{ mm}$

Si considerano le cinghie sollecitate a trazione dalla forza F_z , su una sezione utile pari a quella della cinghia diminuita del foro ricavato per il passaggio della vite centrale.

$$\sigma = \frac{F_z}{(b - D_v) \cdot s} = 116 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} < 147 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = \frac{\sigma_s}{n}$$

1 Introduction.

1.1. Typologie de réservoir.

La présente relation de calcul est une vérification de résistance de la fixation de réservoirs toriques logés extérieurement, au-dessous du plan. Cette vérification est effectuée en prenant en considération le réservoir ayant une plus grande masse totale, étant celle-ci la pire des hypothèses.

Données caractéristiques du réservoir.

Type (D x h)	650 x 270
D	650 mm
h	270 mm
i	106 mm
d	510 mm
Masse à vide	32 kg
Capacité	70 l
Remplissage	Fill = 80%
Masse volumique GPL	$\rho_{GPL} = 0.55 \text{ kg/dm}^3$

1.2. Contraintes vérifiées.

La réglementation française de référence est la *FR/RT/3.7.1. Transformation notable. Changement de source d'énergie. Equipement au gaz de pétrole liquéfié*, du 03.12.99

En particulier, au paragraphe 17.4.6. de l'annexe 4, on indique comme contraintes maximums pour les véhicules des catégories M1-N1, celles déterminées par des accélérations égales à 20 g dans la direction de marche et 8 g dans la direction de marche normale à celle-ci, dans les deux sens et avec le réservoir rempli au 80% de son volume.

Le réservoir est fixé, au-dessous du plan du véhicule, moyennant deux courroies croisées, vis, écrous et rondelles spéciales, comme indiqué dans le dessin.

Le positionnement des deux courroies peut être effectué selon de différents angles d'incidence entre les courroies (β) et par à la direction de marche (γ), selon les dimensions du réservoir et du plan au-dessous duquel il est fixé. Dans le calcul on considérera la condition la plus critique, représentée par le dessin, correspondant à une configuration dans laquelle le moment de capotage, dû à la F appliquée au réservoir, est contrasté seulement par deux vis, parce que les quatre dextre vis ont un bras nul par rapport au point P de rotation du réservoir.

La vérification de résistance est effectuée pour le seul cas de l'accélération de 20 g dans la direction de marche, parce que les 8 g transversales sont un cas moins critique, soit pour la force d'inertie soit pour le positionnement plus favorable des courroies.

2 Vérification de résistance.

3.1. Détermination des réactions de liaison.

Le réservoir, rempli au maximum de sa capacité utile, a une masse totale égale à m_{tot} .

$$m_{tot} = m_{réservoir} + \rho_{GPL} \cdot fill \cdot V_{réservoir} = 62.8 \text{ kg}$$

Connaissant l'accélération a dans la direction de marche du véhicule à laquelle le réservoir est soumis, on obtient la force d'inertie F.



$$a = 20 \cdot g = 196 \text{ m/s}^2$$

$$F = m_{\text{tot}} \cdot a = 12310 \text{ N}$$

3.1.1. Calcul de la pré-charge sur les tirants.

La fixation des deux courroies au plan du véhicule est effectuée en imposant une certaine pré-charge. En particulier, on assume d'appliquer aux vis une force de traction initiale F_{z0} , en appliquant aux mêmes un couple de serrage égal à M_0 .

$$F_{z0} = 5000 \text{ N}$$

Connaissant les caractéristiques géométriques des tirants, on calcule le couple M_0 à appliquer pour garantir une force axiale égale à F_{z0} . Ce couple est donné par la somme d'un terme M_{01} dû à la friction entre la vis et l'écrou et un terme M_{02} dû à la friction entre l'écrou et le longeron.

Caractéristiques des tirants.

Typologie	vis à tête hexagonale M10 UNI 5712-75
Angle profile filet	$\beta = 60^\circ$
Diamètre moyen filetage	$d_2 = 9.25 \text{ mm}$
Pas	$p = 1.5 \text{ mm}$
Coefficient de friction écrou/vis	$f_1 = 0.15$
Coefficiente de friction écrou/longerons	$f_2 = 0.10$
Diamètre moyen écrou CH 17	$D_m = 18 \text{ mm}$

$$M_{01} = F_{z0} \cdot \text{tg} \left[\arctg \left(\frac{f_1}{\cos \left(\frac{\beta}{2} \right)} \right) + \arctg \left(\frac{p}{\pi \cdot d_2} \right) \right] \cdot \frac{d_2}{2} = 5246 \text{ Nmm}$$

$$M_{02} = F_{z0} \cdot f_2 \cdot \frac{D_m}{2} = 4500 \text{ Nmm}$$

$$M_0 = M_{01} + M_{02} \cong 10 \text{ Nm}$$

3.1.2. Calcul de la contrainte totale sur les tirants.

En appliquant au réservoir la force F , comme indiqué dans le dessin, on détermine un couple de capotage du réservoir.

Dans la configuration la plus critique, correspondant à avoir deux des quatre points de fixation à bras nul par rapport au point d'appui de rotation, cette contrainte est contrastée par les réactions de liaison F_{z1} de deux vis.

De l'équilibre à la rotation par rapport au point P on obtient donc la valeur de F_{z1} .

$$F_{z1} = \frac{F \cdot \frac{h}{2}}{2 \cdot d} = 1630 \text{ N}$$



On obtient donc la contrainte à traction totale sur les vis plus soumises à F_z .

$$F_z = F_{z0} + F_{z1} = 6630 \text{ N}$$

La réaction à la translation du réservoir le long de l'axe y est donnée par une contribution égale sur les quatre points de fixation et est égale à F_y .

$$F_y = \frac{F}{4} = 3080 \text{ N}$$

3.2. Vérification de résistance des vis.

Caractéristiques des vis.

Typologie	vis à tête hexagonale M10 UNI 5712-75
Section résistante	$S_r = 58.0 \text{ mm}^2$
Diamètre de noyau	$d_3 = 8.2 \text{ mm}$
Matériau	classe 8.8
Limite élastique à traction	$\sigma_s = 640 \text{ N/mm}^2$
Coefficient de sécurité	$n = 1.5$

La contrainte est de type composé, de traction simple à cause de F_z et flexion à cause de la F_y .

On assume une distance maximum entre le point d'application de la F_y et la section d'encastrement de la vis égale à $b = 5 \text{ mm}$. Cette valeur peut être obtenue même en interposant un contre-écrou entre la courroie et le plan du véhicule.

On calcule donc les tensions sur les vis dues aux deux typologies de contrainte et celle totale.

$$\sigma_{traction} = \frac{F_z}{S_r} = 114 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_{flexion} = \frac{F_y \cdot b}{\frac{\pi \cdot d_3^3}{32}} = 284 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_{vis} = \sigma_{traction} + \sigma_{flexion} = 398 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \langle \quad 426 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = \frac{\sigma_s}{n}$$

3.3. Vérification de résistance du plan d'appui du réservoir.

Caractéristiques tôle du plan d'appui du réservoir.

Epaisseur	$s = 0.6 \text{ mm}$
Limite élastique à traction	$\sigma_e = 275 \text{ N/mm}^2$
Limite élastique à cisaillement	$\tau_s = 175 \text{ N/mm}^2$



Coefficient de sécurité $n = 1.5$
Diamètre des rondelles $D_r = 30 \text{ mm}$

On considère la tôle de la cuve soumise à cisaillement par la force F_z le long du périmètre des rondelles appliquées.

$$\tau = \frac{F_z}{\pi \cdot D_r} = 70 \frac{N}{\text{mm}^2} \quad \langle \quad 116 \frac{N}{\text{mm}^2} = \frac{\tau_z}{n}$$

3.4. Vérification de résistance des courroies.

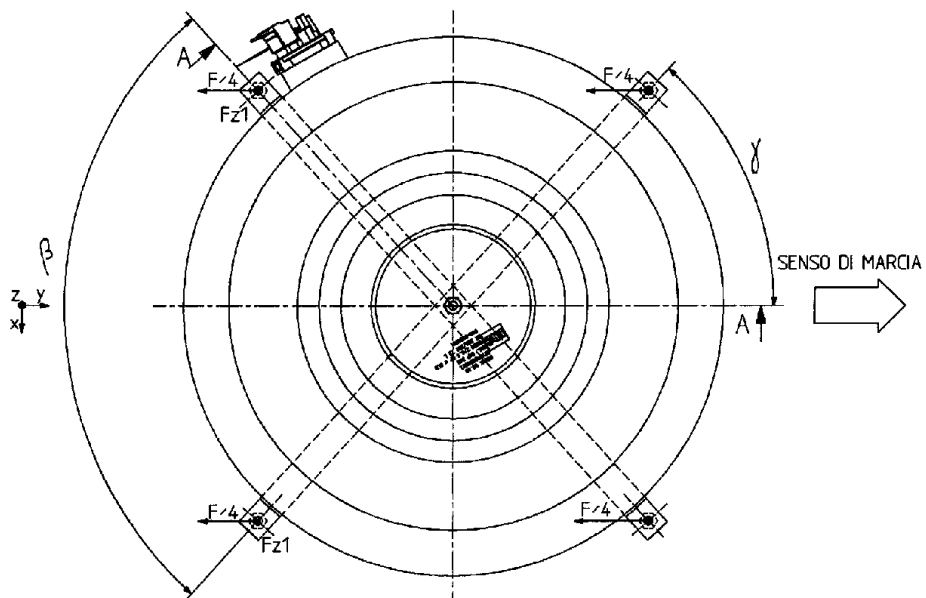
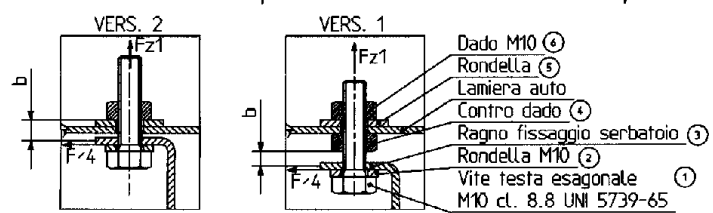
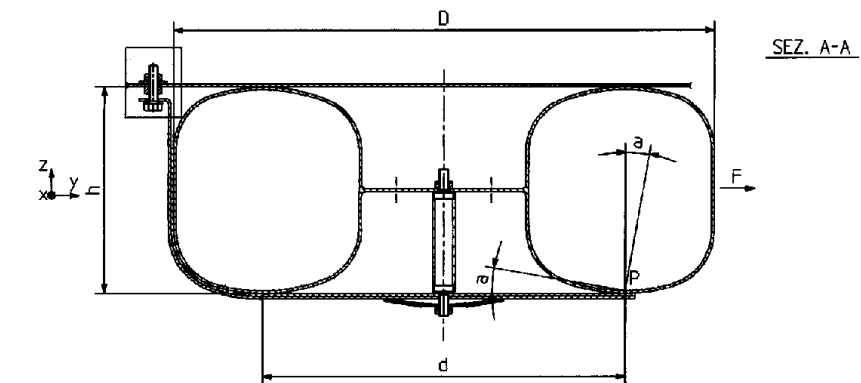
Caractéristiques des courroies.

Largeur $b = 30 \text{ mm}$
Épaisseur $s = 3 \text{ mm}$
Limite élastique à traction $\sigma_s = 220 \text{ N/mm}^2$

Coefficient de sécurité $n = 1.5$
Diamètre trou passage vis $D_v = 11 \text{ mm}$

On considère les courroies soumises à traction par la force F_z , sur une section utile égale à celle de la courroie diminuée du trou obtenu pour le passage de la vis centrale.

$$\sigma = \frac{F_z}{(b - D_v) \cdot s} = 116 \frac{N}{\text{mm}^2} \quad \langle \quad 147 \frac{N}{\text{mm}^2} = \frac{\sigma_z}{n}$$





Bureau de Châteauneuf-Lès-Martigues
Zac de la Valampe - Avenue Château Laugier
13220 - CHATEAUNEUF LES MARTIGUES

Téléphone : 04.42.10.90.10
Télécopie : 04.42.79.86.08

M.T.M S.r.l
A l'attention de Madame Cristiana BOARINO

Via La Morra, 1

12062 CHERASCO (Cn)
ITALY

LMLC/BC

RAPPORT N° 01.55.MC.3063

Concerne : Fixations réservoirs toriques BRC0007

Commande : Votre fax du 03 juillet 2001

Objet : Vérification de note de calculs

La reproduction de ce Procès-Verbal n'est autorisée que sous la forme de fac-similé photographique intégral. Les résultats qui y sont mentionnés ne sont applicables qu'à l'échantillon, au produit ou au matériel tel qu'il nous est présenté et défini dans le présent document.

Ce rapport comporte 3 pages et 0 annexe.

- Métallurgie/Soudage	- RSC	- CND	- Chimie	- Métrologie	- Energie
- Expertise	- Inspection	- Radiographie	- Aciers alliages	- Etalonnages	- Emissions atmosphériques
- Essais mécaniques	- Réception matière	- Ultrasons	- Eaux résiduaires	- Vérifications	- Poussières
- Métallographie	- Surveillance de construction	- Ressuage	- Eaux de chaudière	- Ajustage	- Revalement
- Ripages métallographiques	- Contrôle de produits industriels	- Magnétoscope	- Combustibles	- Métrologie légale	- Réception
- Corrosion	- Assistance technique	- Courants de Foucault	- Hygiène industrielle	- Eau et Assainissement	
- Microscopie électronique	- Endoscopie - Vidéo	- Thermographie	- Déchets	- Schéma directeur	- Inspection par caméra
- Soudage	- PMI	- Etanchéité	- Fumées	- Diagnostic de réseau	
- Assistance technique	- Calculs	- Visuel	- Sols		

Société Anonyme au Capital de 20 000 000 F - N° SIREN : 775 581 812
Zone Industrielle - 33370 ARTIGUES-près-BORDEAUX 32 rue Edmond Rostand - 13292 MARSEILLE CEDEX 6
Tél : 05 56 77 27 27 - Fax : 05 56 77 27 00 Tél : 04 91 04 29 00 - Fax : 04 91 81 14 59
Siège Social



RAPPORT N° : 01.55.MC.3063.LMLC/BC
Report Nr

Référence de la structure : Fixations réservoirs GPL

Type de la structure : Structure métallique

Structure : Neuve Ancienne Modifiée

Documents applicables :

- PR/CIV/RTI/3.71 indice 4 du 03.12.1999

Documents transmis :

- Note de calculs : BRC0007 révision 0 du 27.06.2001 (M.T.M)

Documents examinés :

- Note de calculs : BRC0007 révision 0 du 27.06.2001 (M.T.M)

Données

- Dimensions et hypothèses de calculs telles que définies dans la note de calculs

Matériau :

- Boulonnerie : classe 8.8

Chargement :

- Accélération dans le sens de la marche : 20 g
- Accélération dans le sens transversal / horizontal : 8 g



RAPPORT N° : 01.55.MC.3063.LMLC/BC
Report Nr

REMARQUE

R1 : La nuance du matériau utilisé pour les courroies doit apparaître dans la note de calculs.

R2 : Le positionnement des vis de fixation des courroies doit apparaître sur les plans de référence à la note de calculs.

METHODOLOGIE DE LA VERIFICATION DE LA NOTE DE CALCULS	
• Par sondage	<input type="checkbox"/>
• Par méthode simplifiée.....	<input type="checkbox"/>
• Par méthode différente à celle utilisée dans la note de calculs	<input type="checkbox"/>
• Par nouvelle modélisation	<input type="checkbox"/>
• Pas à pas	<input checked="" type="checkbox"/>

CONCLUSION

La note de calculs est acceptée en tenant compte des remarques.

Châteauneuf-lès-Martigues,
le 16 juillet 2001

LM. LARA CAMACHO
Ingénieur Calculs

A. GOURDY
Ingénieur Chef d'Activité RSC / CND