NOTE TECHNIQUE DE FAISABILITÉ

Caractéristiques mécaniques de la dalle support – passage du réservoir d'azote de 15 000 à 20 000 litres

Indice	Date	Modifications	Statut	Émetteur	Vérifié
0 / 0	08/07/2026	Édition originale	Note de faisabilité – caractéristiques dalle	SLS	M. LY
1 / A					
2 / B					
3 / C					
4 / D					
5 / E					
6 / F					
7 / G					
8 / H					
9 / I					

Méthodologie – trois registres. La présente note distingue explicitement : donnée sourcée et vérifiable ; **[hypothèse]** hypothèse de travail explicitée ; **[inconnu]** donnée inconnue à ce jour.

Table des matières

1. objet et contexte 3
2. documents de référence 3
3. hypothèses et données d'entrée 3
3.1 – Réservoir cible 3
Doc. Linde, groupe 20 000 l, type T18/36 – V200 3
3.2 – Dalle existante 3
3.3 – Sol et fondation 3
3.4 – Site et vent (NF EN 1991-1-4/NA) 4
4. actions et sollicitations 4
4.1 – Charges gravitaires. 4
4.2 – Action du vent (prise au vent). 4
5. vérifications de faisabilité 4
5.1 – Charge verticale. 4
5.2 – Poinçonnement (EC2 § 6.4). 4
5.3 – Arrachement / stabilité au vent. 5
6. caractéristiques mécaniques à transmettre au DCE 5
7. conclusion et réserves 5
Annexe A – reportage photographique (visite du 23/06/2026) 6

1. objet et contexte

Le laboratoire ICARE (CNRS UPR3021, Orléans) renouvelle son marché de fourniture d'azote liquide et souhaite **porter la capacité du réservoir de 15 000 l à 20 000 l**. Le réservoir (type Linde, 3 pieds) et sa dalle béton sont en extérieur, avec une prise au vent non négligeable. Pour lancer la consultation, le maître d'ouvrage doit transmettre aux candidats les caractéristiques mécaniques de la dalle existante : **charge admissible, résistance à l'arrachement et résistance au poinçonnement.**

La présente note évalue la faisabilité de ce changement et fournit, au stade de la faisabilité, les valeurs à intégrer au DCE. Elle ne constitue pas une note de calcul d'exécution.

2. documents de référence

- Plan d'origine « Dalle béton support réservoir », CNRS Aérothermie – PIVOINE (éd. 0, 05/04/2006) : dalle 5,00 × 4,00 m pour réservoir 3 pieds, poids total 50 t.
- Documentation Linde – Réservoirs de stockage isolés sous vide (données techniques série actuelle, p. 7).
- NF EN 1990 – Bases de calcul ; NF EN 1991-1-1 (charges) et NF EN 1991-1-4/NA (vent, amendement A3 avril 2019) ; NF EN 1992-1-1/NA (béton).
- Courriel CNRS-ICARE (M. N. Pouzet, Service Patrimoine et Logistique) définissant le besoin.
- Visite de site SLS du 23/06/2026 : constat d'état et relevé d'épaisseur de la dalle (voir Annexe A – reportage photographique).

3. hypothèses et données d'entrée

3.1 – Réservoir cible

Doc. Linde, groupe 20 000 l, type T18/36 – V200

Volume géométrique	20 355 l (pression max. 18 bars)
Diamètre / hauteur hors-tout	Ø 2,40 m / H = 8,33 m
Poids à vide (réservoir 18 bars)	10 130 kg ≈ 99,4 kN
Poids en charge (azote liquide)	25 760 kg ≈ 252,7 kN (≈ 25,8 t)
Nombre d'appuis	3 pieds

Descente de charge supposée répartie également sur les 3 pieds → 8,6 t (84,2 kN) par pied en charge, réservoir centré.

3.2 – Dalle existante

Visite du 23/06/2026

Épaisseur de la dalle	25 cm (relevé sur site le 23/06/2026)
État constaté	Dalle sans fissure ; vieillissement de surface et végétation en rives (sans incidence structurelle)

- **[hypothèse]** Béton C25/30, ferraillage au moins minimal (EC2), enrobage extérieur cnom ≈ 40 mm → hauteur utile d ≈ 190 mm.
- **[Hypothèse]** Enveloppe de conception d'origine (réservoir 3 pieds de 50 t, plan 2006) conservée comme corroboration de la charge verticale admissible.

3.3 – Sol et fondation

Aucune donnée géotechnique disponible à ce jour. En première approche, le réservoir plein (25,8 t) restant très inférieur à l'enveloppe de 50 t, la contrainte transmise au sol n'augmente pas par rapport à la situation de conception d'origine.

3.4 – Site et vent (NF EN 1991-1-4/NA)

Région de vent (Orléans, Loiret 45)	Région 2 – vb,0 = 24 m/s
Catégorie de terrain retenue	II (rase campagne)
Masse volumique de l'air	ρ = 1,225 kg/m³

4. actions et sollicitations

4.1 – Charges gravitaires.

Réservoir en charge : G ≈ 25,8 t (252,7 kN), soit 8,6 t (84,2 kN) par pied. Situation la plus défavorable au soulèvement : réservoir vide, G ≈ 10,1 t (99,4 kN).

4.2 – Action du vent (prise au vent).

Pression dynamique de pointe à ze = 8,5 m : **qp(ze) ≈ 0,79 kN/m²** [cr = 0,98 ; vm = 23,4 m/s ; Iv = 0,20].

- Coefficient de force cylindre : cf = cf,0 · ψλ = 0,80 (cf,0 = 0,80 ; effet d'extrémité ψλ = 1,0 négligé par sécurité) – EC1-1-4 § 7.9.2.
- Aire de référence : Aref = Ø × H = 2,40 × 8,33 ≈ 20 m².
- Effort horizontal : Fw = cf · qp · Aref ≈ 12,7 kN (≈ 1,3 t).
- Moment de renversement en pied : Mw ≈ Fw · 4,5 m ≈ 57 kN·m.

Schéma de principe – actions sur la dalle support (enveloppe)

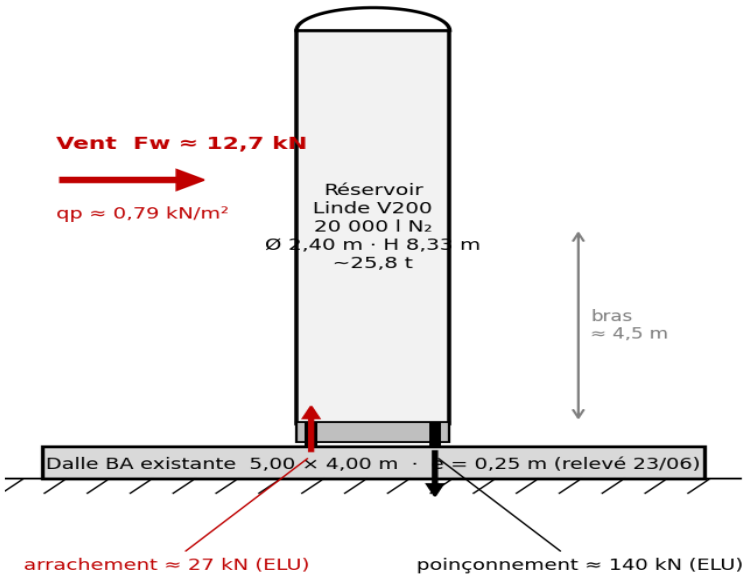


Figure 1 – Schéma de principe des actions (valeurs enveloppe).

5. vérifications de faisabilité

5.1 – Charge verticale.

25,8 t (réservoir plein) < 50 t (enveloppe d'origine) → taux d'utilisation ≈ 52 %. La charge par pied (8,6 t) reste également ≈ 52 % de la valeur de conception (16,7 t/pied). **Favorable.**

5.2 – Poinçonnement (EC2 § 6.4).

Effort concentré le plus défavorable (pied sous le vent, réservoir plein) : VEd ≈ 140 kN à l'ELU (1,35 G/3 + effet du vent). Résistance sans armatures d'effort tranchant, dalle de 25 cm (d ≈ 190 mm, k = 2,0) : **vRd,c ≥ vmin = 0,035 k^1,5 √fck = 0,50 MPa**. Avec une platine de répartition 150 × 150 mm (périmètre de contrôle u1 ≈ 2 990 mm à 2d) : **VRd,c ≈ 280 kN** (borne basse, indépendante du ferraillage) > 140 kN → taux ≈ 50 %. L'écrasement au droit du pied

(VRd,max ≈ 510 kN) et la pression de contact (6,2 MPa < fcd = 16,7 MPa) sont également vérifiés. **Favorable, sous réserve d'une platine ≥ 150 × 150 mm sous chaque pied.**

5.3 – Arrachement / stabilité au vent.

Situation dimensionnante : réservoir vide (10,1 t) + vent. À caractéristique, la stabilité au renversement est assurée par le seul poids propre (Mstab ≈ Mw). À l'ELU (EQU : 1,5 vent / 0,9 poids favorable) et pour un entraxe de pieds défavorable (≈ 1,0 m), la traction par point de fixation atteint **≈ 27 kN**. Le réservoir doit donc être ancré à la dalle ; la résistance à l'arrachement requise par point est ≈ 30 kN (ELU). **Faisable sous réserve du calepinage réel des pieds et du système d'ancrage.**

6. caractéristiques mécaniques à transmettre au DCE

Valeurs à communiquer aux candidats (sous réserve de la levée des points du § 7) :

Caractéristique de la dalle	Valeur admissible retenue	Sollicitation réservoir V200	Vérification
Charge verticale admissible	50 t au total (490 kN) soit ≈ 16,7 t / pied (164 kN)	25,8 t au total ≈ 8,6 t / pied	**OK – taux 52 %**
Résistance à l'arrachement (par point de fixation)	≥ 30 kN (ELU)	≈ 27 kN (ELU, cuve vide)	**OK sous réserve fixation**
Résistance au poinçonnement (par pied, platine ≥ 150×150 mm)	≈ 280 kN (ELU) EC2 §6.4, dalle 25 cm	≈ 140 kN (ELU)	**OK – taux 50 %**

7. conclusion et réserves

Conclusion. Le passage du réservoir d'azote de 15 000 à 20 000 l est **faisable** sur la dalle existante. La visite du 23/06/2026 a confirmé une dalle de 25 cm sans fissure ; la charge du réservoir V200 plein (25,8 t) représente ≈ 52 % de l'enveloppe de conception d'origine (50 t), le poinçonnement est justifié à l'EC2 (VRd,c ≈ 280 kN > 140 kN), et la stabilité au vent est assurée moyennant l'ancrage du réservoir.

Annexe A – reportage photographique (visite du 23/06/2026)



Photo 1 – Dalle béton support surélevée : réservoir cryogénique sur pieds, évaporateurs et tuyauterie. Béton sans fissure structurelle ; végétation en rives.



Photo 2 – Vue de rive : épaisseur de la dalle (≈ 25 cm au-dessus de l'enrobé), regard/avaloir à proximité. Vieillissement superficiel du béton sans désordre structurel.