

BeeNode Sélection

Du concept au prototype électronique



Illustration de concept : le matériel et l'interface représentés ne sont pas une réalisation validée.

Composants • Capteurs • Câblage
Alimentation • Étalonnage • Essais

Observer davantage. Conclure avec prudence.

Un guide pour construire un démonstrateur de mesure, puis organiser sa validation au rucher. Ni diagnostic sanitaire automatique, ni mesure directe du VSH.

Version 0.1 — 27 septembre 2026

Proposition documentée, non testée physiquement. Le logiciel embarqué et l'intégration Apisphère restent à développer et à vérifier.

01 / LIRE AVANT DE MONTER

Ce guide, et ses limites

Une base de discussion technique, avec un montage d’atelier précis et une trajectoire vers un équipement de terrain.

Le montage de référence associe une carte ESP32-S3, un convertisseur de pesée, une cellule de charge, quatre sondes de température et un contact d’ouverture. L’humidité est une option. Le choix d’un composant ne valide ni la station complète ni l’interprétation biologique de ses données.

Deux étapes à ne pas confondre

Atelier : alimentation USB, câbles courts, essais sans colonie.

Rucher : coffret, mécanique, énergie, transmission et tenue au froid à qualifier avant toute installation durable.

Parcours de lecture

Choisir les composants	3	Étalonner et vérifier	9
Placer les capteurs	4	Préparer une alimentation solaire	10
Construire la pesée	5	Transmettre et conserver les données	11
Lire le schéma électrique	6	Définir le logiciel et les critères	12
Câbler fil par fil	7	Remplir la fiche de mise en service	13
Assembler et démarrer	8	Retrouver les sources techniques	14-15

À ne pas attendre de ce document

Pas de firmware prêt à flasher, pas de circuit imprimé industrialisé, pas de précision en grammes garantie. Les notices des références effectivement achetées priment. Une compétence de base en câblage basse tension et l’usage d’un multimètre sont nécessaires.

Les renvois [1] à [14] conduisent aux références en fin de guide. Les valeurs données comme « proposées » ou « hypothèses » sont des choix de conception, pas des performances mesurées.

02 / NOMENCLATURE

Une base sobre et documentée

Références proposées pour une seule colonie. Une substitution de module impose de revoir tensions, brochage et logiciel.

Qt é	Fonction / référence	Rôle et point de contrôle
1	ESP32-S3-DevKitC-1 v1.1 Ex. variante N8R8	Calcul, journal local, Wi-Fi. Brochage spécifique à cette carte ; logique 3,3 V. [1]
1	SparkFun Qwiic Scale NAU7802, SEN-15242	Interface de pesée I ² C, adresse 0x2A. Carte alimentée en 3,3 V. [2] [3]
1	HBK / HBM SP4M C3MR, 200 kg 1-SP4MC3MR/200KG-1	Cellule monopoint, pont complet, 6 fils. Exemple pour le prototype : restrictions froid et courant détaillées p. 5. [5]
4	DS18B20 Sondes 3 fils de provenance vérifiable	Trois points intérieurs + un point extérieur. Identifier chaque sonde par son numéro ROM. [6]
1	SHT85 Sensirion Option humidité	Capteur protégé par membrane, adresse 0x44. Connecteur ou support au brochage vérifié. [7] [8]
1	Contact ILS + aimant Contact sec normalement ouvert	Détection de position du toit ; aucun 5 V ou 12 V sur l'entrée. Aimant présent = contact fermé proposé.
1 + 1	Résistances 4,7 kΩ et 10 kΩ	4,7 kΩ pour le bus 1-Wire ; 10 kΩ pour l'entrée d'ouverture. Valeurs de départ du montage.
1 lot	Alimentation et intégration	Câble USB avec données, alimentation 5 V régulée, borniers, fils, coffret, presse-étoupes, support mécanique.

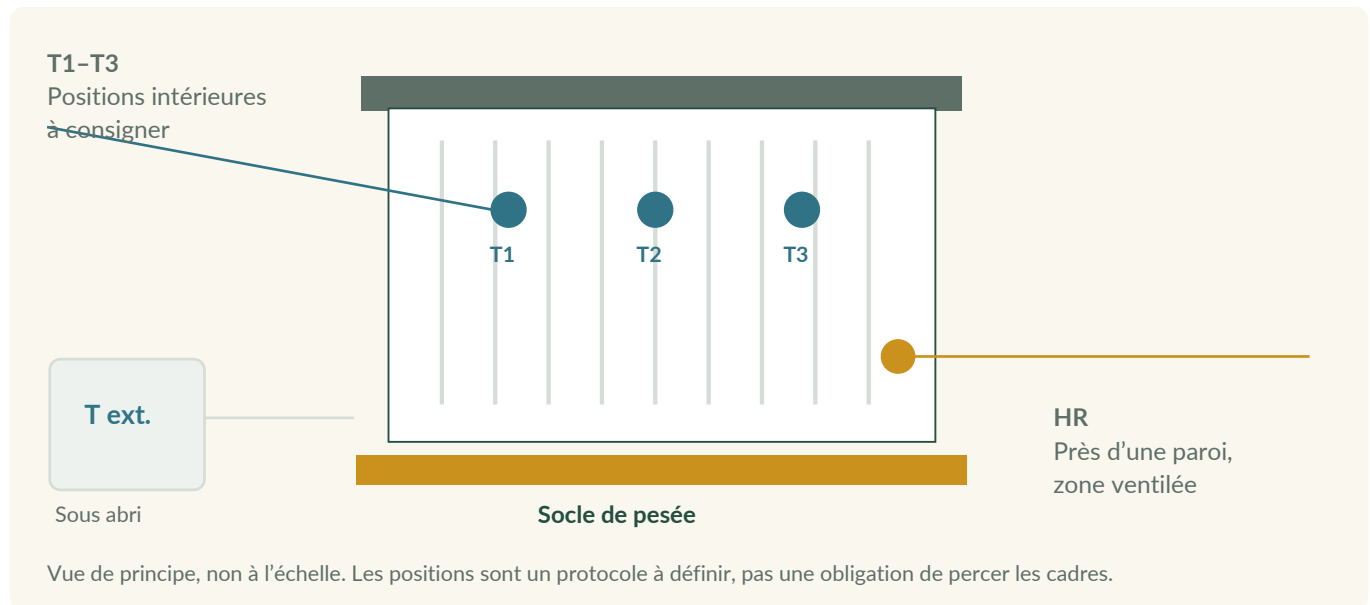
Outillage : multimètre, fer à souder et protection adaptée, petit outillage, masses de référence, ordinateur. Pour le rucher, remplacer la plaque d'essai et les fils volants par des connexions immobilisées et protégées.

Avant achat : demander les fiches exactes et un devis pour l'ensemble, mécanique et connectique comprises. Les références ne constituent ni un partenariat commercial ni une promesse de disponibilité.

03 / LES CAPTEURS IDOINES

Mesurer au bon endroit

Un emplacement repéré et reproductible vaut mieux qu'une accumulation de sondes sans méthode.



Température : DS18B20, alimenté en trois fils

Le capteur fournit une mesure locale. Sa précision annoncée est de $\pm 0,5$ °C entre -10 et $+85$ °C ; le pas numérique de $0,0625$ °C à 12 bits n'est pas cette précision. Une conversion à 12 bits peut durer 750 ms. [6]

Prévoir une fixation amovible qui ne bloque ni les passages ni les manipulations. Garder le même repère entre visites et consigner tout déplacement. La sonde extérieure doit être abritée du rayonnement solaire direct. L'enveloppe et le câble doivent être adaptés au contact avec l'environnement de la ruche.

Humidité : SHT85, protégé mais pas enfermé

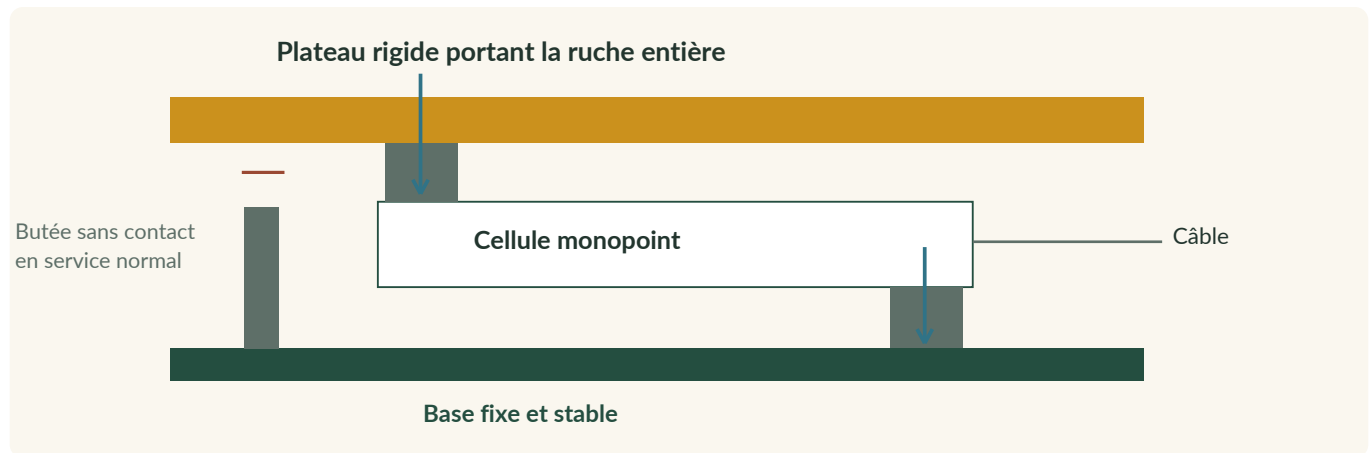
Le SHT85 offre une précision typique de $\pm 1,5$ % HR dans les conditions indiquées par Sensirion. Sa membrane protège l'ouverture sensible ; elle ne rend pas tout le montage étanche. Laisser l'air circuler, éviter la propolisation directe et rendre le module remplaçable. [7][8]

Ne pas enduire la zone sensible de vernis, de silicone ou de colle. Commencer avec un bus I²C court, dans le boîtier ou à proximité immédiate. L'humidité mesurée à un point ne décrit pas toute la ruche.

04 / CHAÎNE DE PESÉE

La mécanique fait la mesure

Une cellule de charge ne devient une balance de ruche qu'après intégration et contrôle du chemin des efforts.



Principe : une extrémité est fixée au bâti, l'autre porte le plateau par une entretoise. Aucun tasseau, câble tendu ou butée ne doit reprendre une partie de la charge normale. Le montage ci-dessus n'est pas un plan mécanique coté.

La fiche SP4M indique, pour la variante 200 kg, un plateau jusqu'à 600 × 600 mm et une sensibilité nominale de 2 mV/V. Respecter son dessin de montage ; ne pas appliquer l'effort du côté du câble. La portée inclut tout ce qui repose sur la cellule. [5]

Compatibilité électrique : vérifier avant de raccorder

Le montage retient **3,0 V d'excitation** par le NAU7802. Sa sortie ne doit pas débiter plus de 10 mA. Pour garder une marge, retenir un pont d'entrée d'au moins **350 Ω** : $3,0 / 350 = 8,6$ mA. La fiche SP4M annonce 300–500 Ω ; faire confirmer la valeur de l'exemplaire ou la mesurer hors tension avant de le retenir. Sinon, revoir l'étage d'excitation, sans improviser une alimentation supplémentaire. [4][5]

Limite pour la montagne : la fiche SP4M consultée donne une plage de fonctionnement de –10 à +50 °C et de compensation de –10 à +40 °C. Elle n'autorise donc pas à promettre un suivi hivernal en dessous de –10 °C. Pour ces sites, sélectionner une référence qualifiée au froid attendu, puis revérifier alimentation, résistance et brochage. [5]

Conserver un dispositif anti-basculement adapté, mais éviter un ancrage qui fausse la pesée. Ne jamais se placer sous une ruche levée. Les essais de charge se font sur un support sécurisé, sans abeilles.

05 / SCHÉMA ÉLECTRIQUE

Le câblage du prototype USB

Réseaux nommés : chaque liaison portant le même nom est reliée électriquement. Tous les GND sont communs.

ESP32-S3-DevKitC-1

Carte v1.1 — alimentation par un seul USB



NAU7802 — SparkFun SEN-15242

I²C 0x2A | excitation réglée à 3,0 V

VCC ← 3V3 · GND ← GND
 SDA ← GPIO8 · SCL ← GPIO9
 E+ / E- → excitation de la cellule
 A+ / A- → signal de la cellule

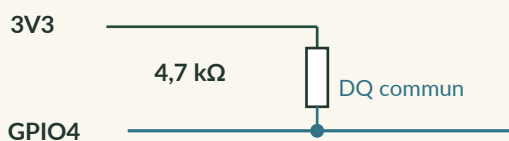
Tirages SDA/SCL de 2,2 kΩ présents sur cette carte. Vérifier les cavaliers et la révision.

SHT85 — option

I²C 0x44 | vérifier l'orientation

Broche 1 SCL ← GPIO9
 Broche 2 VDD ← 3V3
 Broche 3 VSS ← GND
 Broche 4 SDA ← GPIO8

BUS 1-WIRE — QUATRE DS18B20 ALIMENTÉS



T1, T2, T3 et T extérieure
 VDD → 3V3 · GND → GND
 DQ → GPIO4, même bus pour les 4 sondes

Une seule résistance de tirage de départ sur DQ. Ne pas utiliser le mode à alimentation parasite.

DÉTECTION D'OUVERTURE



ILS + aimant
 Contact fermé = niveau bas.
 Valider la position réelle du toit.

Ne rien raccorder au 12 V. Ce dessin ne fixe pas l'ordre physique des broches d'un module de remplacement. Le tableau p. 7 complète le raccordement de la cellule. [1][3][6][7]

06 / RACCORDEMENTS

Fil par fil, sans deviner les couleurs

Les numéros GPIO désignent les entrées/sorties du microcontrôleur, pas le rang d'une broche sur un connecteur.

Départ	Destination	Règle
3V3 de la carte	NAU7802 VCC ; SHT85 VDD ; DS18B20 VDD	Alimentation capteurs en 3,3 V.
GND de la carte	Tous les GND / VSS ; une borne de l'ILS	Référence électrique commune.
GPIO8	NAU7802 SDA ; SHT85 broche 4	Données I ² C ; proposition 100 kHz.
GPIO9	NAU7802 SCL ; SHT85 broche 1	Horloge I ² C.
GPIO4	DQ de chaque DS18B20	4,7 kΩ entre DQ et 3V3.
GPIO5	Autre borne de l'ILS	10 kΩ entre GPIO5 et 3V3.

Sur la DevKitC-1 v1.1 : J1-12 = GPIO8 ; J1-15 = GPIO9 ; J1-4 = GPIO4 ; J1-5 = GPIO5. Vérifier le repère de la carte avant soudure. Les broches 35–37 sont à éviter sur les variantes utilisant la mémoire octale. [\[1\]](#)

Cellule SP4M 6 fils vers le module 4 bornes

Borne NAU7802	Fils de la SP4M décrite par HBK	Fonction
E+	Bleu + vert réunis au bornier	Excitation + et retour sense +
E-	Noir + gris réunis au bornier	Excitation – et retour sense –
A+	Blanc	Signal différentiel +
A-	Rouge	Signal différentiel –
Blindage	Jaune, isolé des signaux	Isolé au prototype ; liaison CEM à étudier pour le terrain. Jamais un retour d'alimentation.

Cette adaptation utilise la cellule comme un pont à quatre fils : le NAU7802 de cette carte n'exploite pas une compensation distante à six fils. Conserver le câble d'origine et étalonner l'ensemble. Les couleurs ci-dessus ne valent que pour la notice SP4M citée ; pour une autre cellule, suivre sa propre fiche. [\[3\]](#)[\[5\]](#)

À ne pas faire : mettre quatre cellules 3 fils « en parallèle », confondre sense et signal, ajouter des tirages I²C sans compter ceux déjà présents, ou injecter 5 V sur SDA, SCL et GPIO. Un montage à quatre coins exige son propre réseau de ponts ou ses propres voies de mesure.

07 / PREMIÈRE MISE SOUS TENSION

Construire par petits essais

Ne connecter qu'un sous-ensemble à la fois. Le premier essai a lieu au sec, sur l'établi, sans ruche chargée.

1. Contrôler les références

Photographier les modules et relever leur révision. Comparer les noms des bornes avec les notices. Mesurer, hors tension et cellule débranchée, la résistance du pont entre excitation + et - ; consigner le résultat. Arrêter si l'adéquation avec l'excitation retenue n'est pas démontrée.

2. Tester la carte seule

Alimenter par USB avec un câble permettant les données. Vérifier la communication avec le port série et la présence du 3,3 V. Pour ce prototype, utiliser une seule source : débrancher l'alimentation externe avant de connecter l'ordinateur. [1]

3. Ajouter les sondes

Commencer par un DS18B20, puis ajouter les trois autres. Enregistrer les identifiants ROM et leur emplacement. Chauffer doucement une sonde avec la main pour vérifier que le bon repère varie. Contrôler la réception et le CRC. [6]

4. Ajouter l'I²C

Configurer explicitement SDA = GPIO8 et SCL = GPIO9. Vérifier la présence du NAU7802 à 0x2A et, s'il est monté, du SHT85 à 0x44. Employer des fils courts ; vérifier les résistances de tirage existantes. [2][3][7]

5. Ajouter la pesée

Configurer le NAU7802 pour le canal 1, une excitation de 3,0 V, un gain de départ 128 et 10 échantillons/s. Mesurer E+ / E- et le courant du pont avec le câblage final ; vérifier au moins 0,3 V de marge entre DVDD et AVDD. La calibration interne du convertisseur ne remplace pas l'étalonnage en kilogrammes. [4]

6. Ajouter l'ouverture et le journal

Vérifier les deux positions de l'aimant. Prévoir un anti-rebond logiciel et consigner un événement avec une heure fiable. Une ouverture indique une manipulation possible, pas sa nature : l'apiculteur doit encore préciser son intervention.

Arrêter l'essai en cas d'anomalie

Échauffement, odeur, resets répétés, tension instable ou borne incertaine : couper l'alimentation. Ne jamais recâbler sous tension. Un exemplaire qui « semble fonctionner » ne dispense pas des contrôles de consommation et de stabilité.

08 / VÉRIFIER AVANT DE COMPARER

Étalonner la chaîne complète

Le nombre de bits du convertisseur ne définit pas la précision réelle de la balance au rucher.

Étalonner une fois la cellule, le câble, l'électronique et le plateau assemblés. Commencer à vide, puis employer plusieurs charges connues réparties dans la plage réellement utilisée, sans dépasser la capacité de l'ensemble mécanique. Répéter en charge et en décharge.

Essai proposé	Procédure	À consigner
Zéro et retour au zéro	Mesurer à vide avant et après plusieurs cycles de charge.	Décalage, répétabilité, durée de stabilisation.
Plusieurs charges	Comparer les indications à des masses de référence réparties sur la plage utile.	Erreur à chaque point ; incertitude des références.
Excentration	Déplacer la même charge au centre puis vers plusieurs zones du plateau.	Écart maximal selon la position.
Maintien d'une charge	Laisser une charge constante pendant plusieurs heures puis au moins un cycle jour/nuit.	Dérive, bruit et température concomitante.
Thermomètres	Placer les sondes côte à côte dans un environnement stable ; comparer à une référence.	Écarts individuels ; ne pas confondre cohérence et exactitude.
Réseau / alimentation	Simuler une coupure de réseau, puis un redémarrage et un retour de connexion.	Mesures perdues, doublons et qualité de l'horodatage.

Calcul de départ pour la masse

Conversion linéaire à vérifier

Masse = (lecture brute – lecture à vide) / coefficient

Le coefficient se détermine avec une charge connue. Vérifier ensuite d'autres charges indépendantes ; conserver les valeurs brutes, la date et la version de l'étalonnage.

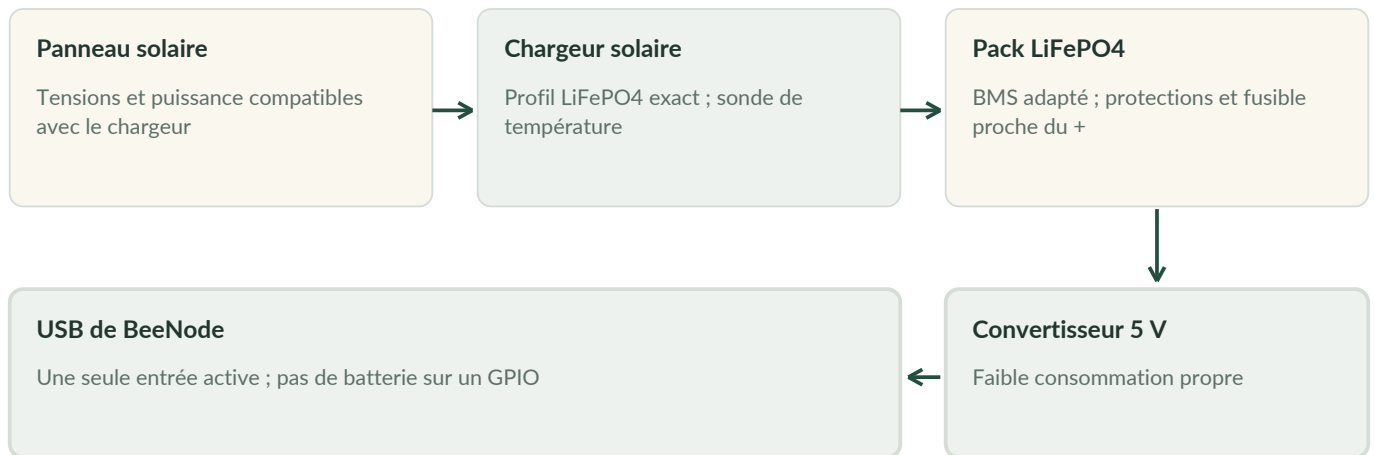
Ne jamais refaire automatiquement le zéro chaque nuit : cela effacerait précisément les évolutions recherchées. Une hausse posée, une récolte ou un nourrissage doivent rester des événements datés, pas des variations « corrigées » sans trace.

Résultat attendu : une fiche d'erreurs mesurées, pas une promesse de ± 10 g déduite d'un convertisseur 24 bits. Fixer ensuite une résolution d'affichage cohérente et des critères d'acceptation avant la campagne comparative.

09 / PRÉPARER LE RUCHER

Le solaire vient après la mesure

Cette page décrit une architecture, pas le câblage complet d'un chargeur ou d'un pack de batteries.



Pack nominal 12,8 V : exemple d'architecture à quatre cellules LiFePO4 en série, acheté assemblé et protégé. Un BMS protège le pack ; il ne remplace pas un chargeur réglé pour cette chimie. Le calibre du fusible et la section des câbles doivent être dimensionnés pour l'installation réelle. [9][10]

Le froid bloque parfois la recharge, pas seulement les abeilles

La température minimale de charge dépend du fabricant. Victron indique par exemple +5 °C pour la gamme citée. Exiger une coupure de charge sous la limite du pack réellement choisi ; ne pas présumer qu'un BMS basique possède cette fonction. [9][10]

Autonomie : un calcul, puis une mesure

Exemple purement hypothétique : batterie 12,8 V × 6 Ah = 76,8 Wh. En retenant 70 % d'énergie utilisable par prudence, il reste 53,8 Wh. La puissance moyenne ci-dessous est supposée mesurée **à la batterie**, convertisseur et accessoires compris.

Puissance moyenne supposée	Énergie consommée / jour	Autonomie théorique sans soleil
0,10 W	2,4 Wh	Environ 22 jours
0,50 W	12 Wh	Environ 4,5 jours

Ces durées ne sont pas des performances de BeeNode. Mesurer les pointes radio, la veille réelle, les pertes et les effets du froid. Dimensionner le panneau sur le mois défavorable du site, pas sur sa puissance nominale seule. Une carte de développement et ses voyants ne représentent pas une électronique basse consommation optimisée.

10 / TRANSMISSION ET HISTORIQUE

Un réseau qui peut se taire

La station doit continuer à enregistrer quand la connexion manque, puis transmettre sans fabriquer de doublons.

Trois chemins possibles

Atelier : port USB et journal local pour valider les mesures. **À proximité d'un accès réseau** : Wi-Fi, sous réserve de couverture et d'un budget énergétique mesuré. **Rucher distant** : module radio ou passerelle à ajouter ; le montage décrit ne contient ni modem cellulaire ni radio LoRa. [1]

En LoRaWAN, une station communique par une ou plusieurs passerelles vers un serveur réseau, puis vers l'application. Une antenne LoRa ne crée donc pas à elle seule un accès Internet. Choisir un réseau, une passerelle et un module compatibles avant de concevoir cette extension. [11]

Architecture proposée pour Apisphère

Capteurs → journal local → transport authentifié → service d'ingestion → historique de la colonie.

Ce flux est une proposition. Il ne présume pas qu'un point d'accès BeeNode ou un tableau de bord soit déjà opérationnel sur Apisphère.

Ce qu'une mesure doit emporter avec elle

Information	Pourquoi la conserver
Identifiants	Station, capteur, emplacement, ruche et colonie : ces objets ne sont pas interchangeables.
Date + qualité de l'heure	Date UTC lorsqu'elle est fiable ; sinon statut explicite et temps écoulé depuis le démarrage.
Valeur + unité + qualité	Kilogrammes, degrés Celsius, % HR ; valeur absente distincte de zéro. Conserver le code d'erreur.
Version et origine	Firmware, calibration, matériel, mesure automatique ou observation humaine.
Événements datés	Changement de reine, division, récolte, ajout de hausse, nourrissage, traitement et déplacement.

Ne pas perdre la mémoire de la ruche

Prévoir un stockage circulaire borné, des écritures regroupées, un numéro de séquence et un accusé de réception. Après un redémarrage sans heure fiable, ne pas inventer de date : garder les relevés identifiés et signaler cette limite. Une horloge sauvegardée peut devenir une extension utile.

Proposition de sécurité : identifiants propres à chaque station, transport chiffré lorsque disponible, droit d'ingestion limité, sauvegarde et export ouverts. Les données individuelles ne deviennent collectives qu'avec une règle d'accès explicite.

11 / LOGICIEL ET INTERPRÉTATION

Des mesures, pas des verdicts

La partie logicielle doit d'abord rendre les résultats traçables. Elle ne doit pas transformer chaque courbe en diagnostic.

Contrat minimal du logiciel embarqué à développer

Au démarrage : vérifier les capteurs, charger l'étalonnage, identifier les sondes et contrôler l'heure. À chaque acquisition : attendre une conversion complète, vérifier les CRC disponibles, lire plusieurs valeurs de pesée, conserver leur dispersion, puis journaliser le résultat. Transmettre par lots et reprendre après coupure.

Une cadence de **5 à 15 minutes** pour les relevés est un point de départ proposé. Les 10 échantillons/s de la pesée servent à acquérir une courte série locale ; ils n'obligent pas à envoyer dix messages par seconde. Le temps de stabilisation et les consommations sont à mesurer.

Ce que l'on peut relier — et ce qui manque encore

Mesure ou observation	Lecture possible	Limite à conserver
Masse totale	Dynamique de stockage et ruptures de courbe	Pas des kilogrammes de miel sans contexte : eau, vols et interventions interviennent. [14]
Températures / humidité	Profil local et évolution dans le temps	Ni surface de couvain, ni vitalité, ni aptitude génétique déduite automatiquement.
Contact du toit	Indice d'une visite ou d'une manipulation	Ne décrit ni le geste ni le résultat sanitaire.
Douceur / essaimage	Notations humaines répétées et contextualisées	Conduite et conditions comparables nécessaires. [13]
VSH / SMR	Résultats de tests spécifiques enregistrés	Aucun capteur de ce montage ne mesure directement ces caractères. [12]

Règle d'affichage : « non évalué » n'est pas « mauvais »

Séparer la qualité des données de la confiance biologique. Un capteur très précis peut alimenter un indicateur encore expérimental. Sans test correspondant, ne pas attribuer une note de VSH, de résistance sanitaire ou de valeur génétique.

Pour la sélection, confronter les profils à des observations de référence, puis à d'autres saisons et à la descendance. Les soins et le suivi sanitaire restent indépendants d'un score exploratoire. Les modules acoustiques ou d'analyse d'images viendront après cette base, avec leur propre validation.

12 / FICHE À IMPRIMER

Mise en service et compte rendu

Une station n’entre dans une campagne comparative qu’avec un historique de contrôle explicite.

Station / ruche / colonie :

Date / opérateur :

Carte, cellule et révisions :

Version du logiciel / calibration :

Contrôles avant installation

- ☐ Brochages et tensions vérifiés sur les notices des exemplaires utilisés.
- ☐ Courant d’excitation compatible ; mesure archivée ; absence de surchauffe.
- ☐ Plateau stable, sans reprise de charge parasite ni risque de basculement.
- ☐ Identifiants des quatre sondes enregistrés et emplacements photographiés.
- ☐ Cellule qualifiée pour la plage de température prévue sur le site.
- ☐ Erreurs de pesée, répétabilité et excentration mesurées et acceptées.
- ☐ Contacts protégés ; câbles immobilisés ; boîtier inspectable et entretenable.
- ☐ Pertes de réseau et redémarrages testés ; trous de données signalés.
- ☐ Énergie mesurée ; protections et charge au froid vérifiées si batterie.
- ☐ Journal d’interventions et règles d’accès aux données prêts.

Bilan de contrôle

Contrôle	Valeur / observation
Résistance du pont / courant mesuré	
Écart maximal sur la plage utilisée	
Puissance moyenne au point de mesure	
Décision : accepté / à corriger / hors service	

Prochain contrôle : après déplacement, choc, changement de câble, de capteur ou de plateau ; puis selon une périodicité fixée à partir des dérives constatées. Archiver cette fiche avec les données brutes.

Documents de référence

Liens cliquables. Consultation documentaire : 27 septembre 2026. Vérifier la révision livrée avant tout achat.

[1] Espressif — ESP32-S3-DevKitC-1 v1.1

Guide officiel : alimentation, brochage J1/J3 et variantes de mémoire.

[Ouvrir la source — docs.espressif.com](https://docs.espressif.com)

[2] SparkFun — Qwiic Scale, NAU7802 (SEN-15242)

Présentation du module : alimentation, adresse I²C et raccordement du pont.

[Ouvrir la source — sparkfun.com](https://sparkfun.com)

[3] SparkFun — Schéma Qwiic Scale

Schéma électronique fabricant : E+/E-, A+/A- et résistances I²C de 2,2 kΩ.

[Ouvrir la source — cdn.sparkfun.com](https://cdn.sparkfun.com) • PDF

[4] Nuvoton — NAU7802, fiche technique, révision 2.6

4 décembre 2023. Tensions, gain, conversion et limite de courant du LDO ; en particulier p. 4 et 12–13.

[Ouvrir la source — nuvoton.com](https://nuvoton.com) • PDF

[5] HBK / HBM — SP4M, fiche B02610 09 E00 04

7 mars 2024. Capacité, excitation, résistance, températures, couleurs et mécanique, p. 2–5. Document fabricant consulté dans une copie hébergée par un distributeur.

[Ouvrir la source — Fiche fabricant SP4M](#) • PDF

[6] Analog Devices / Maxim — DS18B20

Fiche technique officielle : précision, durée de conversion, numéro ROM, CRC et alimentation externe.

[Ouvrir la source — analog.com](https://analog.com) • PDF

[7] Sensirion — SHT85, fiche technique

Version 4, décembre 2021, fichier fourni sur le site fabricant : caractéristiques, adresse et brochage.

[Ouvrir la source — sensirion.com](https://sensirion.com) • PDF

Les données fabricants décrivent leurs composants dans leurs conditions spécifiées. Elles ne constituent pas une certification de la station assemblée. Aucune précision globale ou autonomie de terrain n'a été mesurée pour ce prototype.

13 / SOURCES — 2 SUR 2

Du composant au rucher

Le matériel documente une observation. L'évaluation de la colonie exige encore un protocole et du recul.

[8] Sensirion — SHT85, page fabricant

Présentation du capteur et de sa membrane de protection ; documents complémentaires.

[Ouvrir la source — sensirion.com](https://sensirion.com)

[9] Victron Energy — Lithium Battery Smart, données techniques

Exemple documenté de batteries LiFePO4 : tensions nominales et limites thermiques. Ne pas transposer ces limites à un autre pack.

[Ouvrir la source — victronenergy.com](https://victronenergy.com)

[10] Victron Energy — Lithium Battery Smart, fonctionnement

Recommandations d'utilisation, charge et protection BMS de cette gamme.

[Ouvrir la source — victronenergy.com](https://victronenergy.com)

[11] The Things Network — LoRaWAN Architecture

Documentation de l'architecture : stations, passerelles, serveur réseau et application.

[Ouvrir la source — thethingsnetwork.org](https://thethingsnetwork.org)

[12] ITSAP — Résistance à Varroa : trois fiches techniques

Distinction entre VSH, SMR et croissance de la population de varroas ; protocoles de mesure.

[Ouvrir la source — itsap.asso.fr](https://itsap.asso.fr)

[13] ITSAP — Protocole national standardisé d'évaluation des souches

Organisation des comparaisons et notations de terrain dans des conditions comparables.

[Ouvrir la source — itsap.asso.fr](https://itsap.asso.fr)

[14] Meikle et al. — Using within-day hive weight changes to measure environmental effects on honey bee colonies

PLOS ONE, 2018. Étude primaire des variations de poids et de leur interprétation. DOI : 10.1371/journal.pone.0197589.

[Ouvrir la source — journals.plos.org](https://journals.plos.org) • [article scientifique](#)

Pour les lecteurs de Mouchamiel

Ce cahier accompagne le concept BeeNode Sélection. Il privilégie une démarche progressive : mesurer, vérifier, documenter, puis comparer. L'illustration de couverture est une création conceptuelle ; les schémas intérieurs sont des dessins techniques de principe.