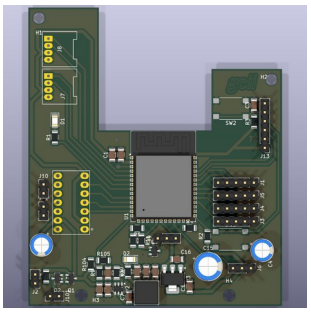
Dossier de fabrication

Carte électronique du projet

Robot Mini Sumo

Équipe 13 • Révision 1 • 15 octobre 2026



Responsabilité documentaire

Action	Nom	Fonction	Date	Signature
Rédigé par	Matteo Avigni	Équipe 13	15/10/2026	
Relu par	À renseigner	Enseignant	À renseigner	
Approuvé par	À renseigner	Responsable	À renseigner	

Suivi des révisions documentaires

Indice	Date	Nature de la révision
1	15/10/2026	Routage du 15/10, GPIO actuels, sources fabricants, calculs et sections dédiées aux 36 exigences ; exports régénérés.

Documents de références

Sigle	Référence	Titre	Rév.	Origine
[CDC]	RMS_CDC	Cahier des charges	5 ESE	IUT Bordeaux
[CAO]	robot sumo	Projet KiCad actif	15/10/26	Équipe 13
[MOD]	RMS_DDF_V1	Trame de ce dossier	1	IUT Bordeaux

Table des matières

1. Nature du document....3
2. Documents de fabrication du produit....3
2.1. Schéma électrique....4
2.2. Nomenclature....3
2.3. Typons....3
2.4. Plan de perçage....3
2.5. Schéma d'implantation....21
2.6. Modèles de la carte fabriquée....23
3. Processus de fabrication du produit....24
4. Matrice de conformité du produit....26
4.1. Fiches de conformité par exigence....30

1. Nature du document

Ce dossier décrit la fabrication et le montage de la carte électronique du robot mini sumo de l'équipe 13. Il rassemble les schémas électriques, la nomenclature, les typons, les perçages, les vues d'implantation et les modèles de la carte, extraits du projet KiCad sauvegardé le 15 octobre 2026.

Le dossier couvre la carte principale et les liaisons vers les ensembles externes. Les cartes ToF assemblées, l'IMU, les capteurs au sol, le récepteur infrarouge, les moteurs et le servo sont distingués des composants montés sur le circuit principal. Aucun plan de fabrication du châssis ni routage des cartes CNY n'est présent dans le projet fourni.

Statut de cette révision : dossier documentaire pour relecture. La dernière reprise de routage a été intégrée aux exports. Les constats DRC et les validations physiques restant à effectuer sont consignés dans la matrice de conformité ; ce dossier ne vaut pas approbation de fabrication.

2. Documents de fabrication du produit

Les fichiers sources conservés sont le projet robot sumo et ses quatre feuilles : racine, microcontrolleur, alimentation et Capteurs. Les bibliothèques locales nécessaires sont incluses dans le répertoire CAO du lot livré. Les anciens schémas et projets hors de cette hiérarchie ne sont pas utilisés.

Dossier	Contenu
FAB01	Schémas électriques complets en PDF vectoriel
FAB02	Nomenclature Excel et CSV pour une carte et ses ensembles externes
FAB03	Typons dessus miroir et dessous sans miroir à l'échelle 1:1
FAB04	Plan de perçage, cartes d'outils et fichiers Excellon PTH / NPTH
FAB05	Implantation et positions des composants
FAB06	Rendus 3D dessus et dessous issus de KiCad
production	Gerber X2 et Excellon, dans le même repère de coordonnées
controle	Rapport DRC, revue du routage et empreintes numériques des sources

2.1. Schéma électrique

Référence du document : FAB01 • Source : [CAO]

Fichier : FAB01_schemas/RMS_FAB01_schemas.pdf

Le PDF joint contient les quatre feuilles complètes. Les reproductions ci-dessous servent au repérage ; utiliser le PDF vectoriel pour lire les valeurs et suivre les connexions à pleine résolution.

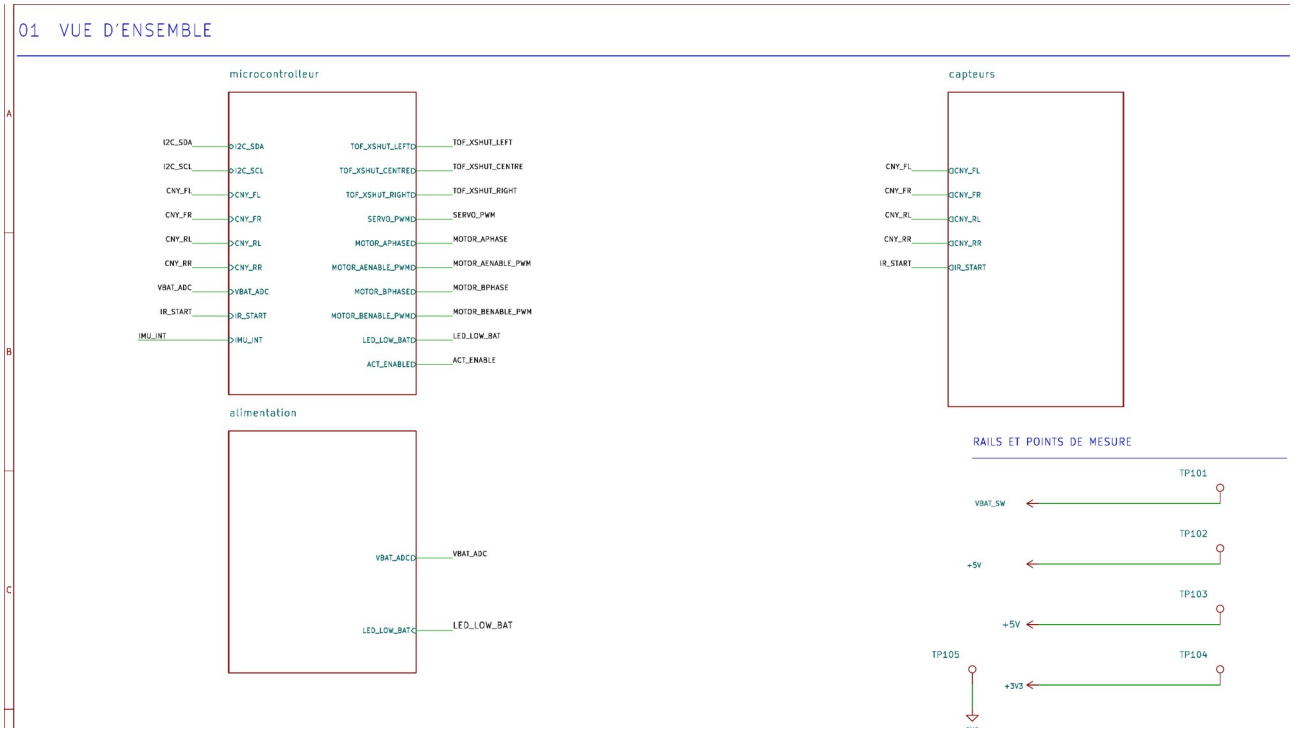


Figure 1 — Racine du projet

La feuille racine regroupe les trois sous-ensembles. Les repères TP101 à TP105 restent au schéma, mais ne sont pas implantés sur la carte principale.

FAB01 — Microcontrôleur et interfaces

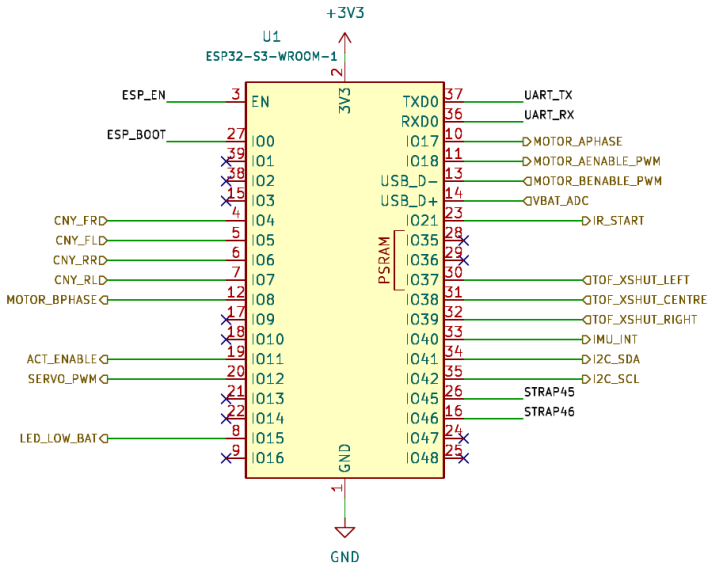


Figure 2a — U1 : affectation des GPIO sauvegardée.

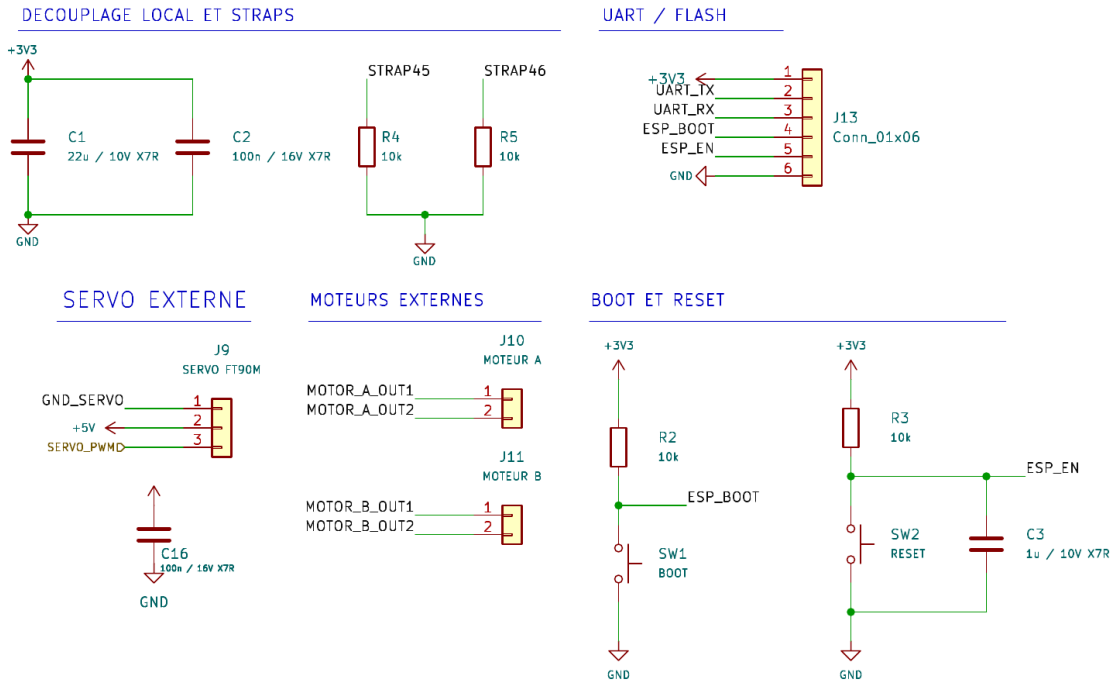


Figure 2b — Découplage, straps, UART et interfaces. C15/C16 entre +5V et GND.

FAB01 — Capteurs et commande des actionneurs

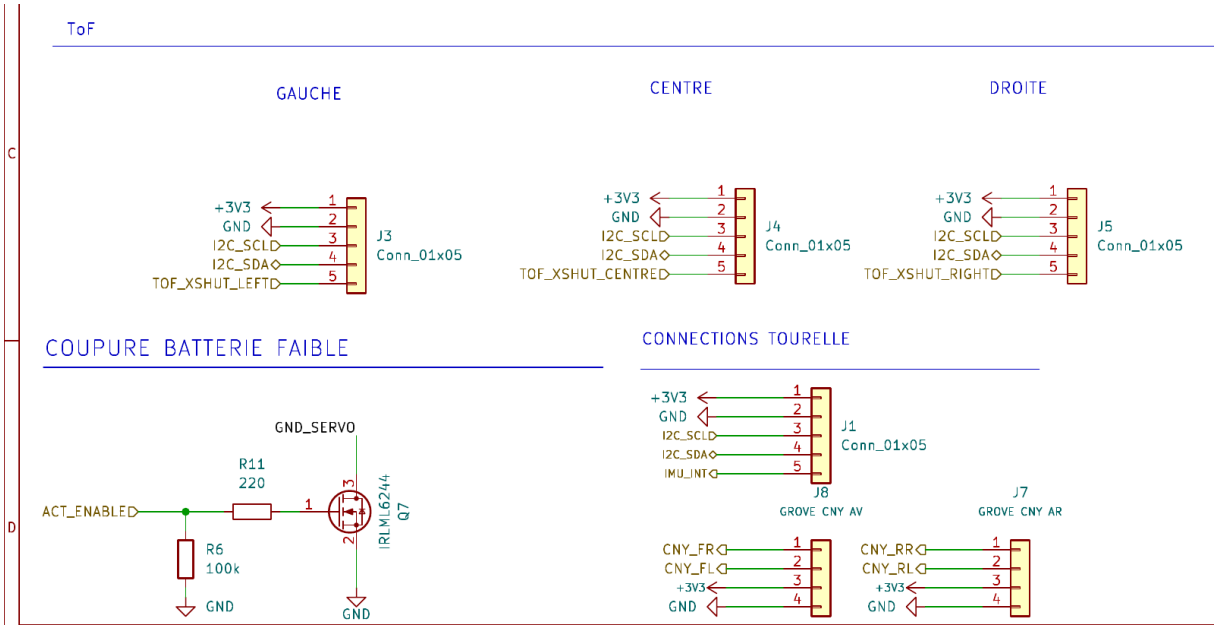


Figure 2c — ToF, IMU, Grove CNY et coupure du retour servo.

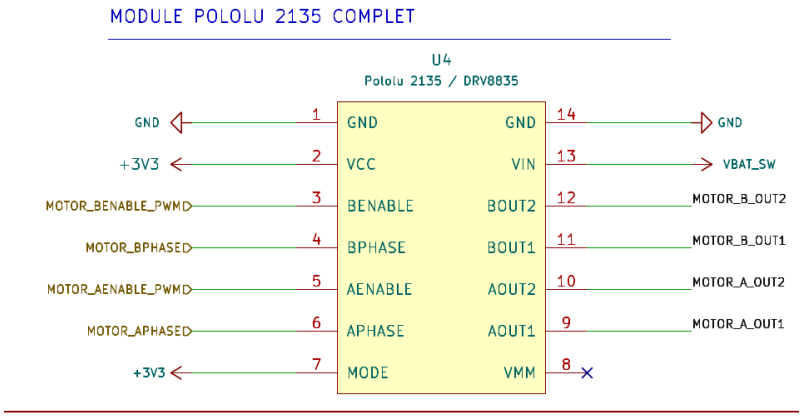


Figure 2d — Module Pololu 2135 complet.

U1 est le module ESP32-S3-WROOM-1. U4 est le module Pololu 2135 complet. Les interfaces vers les cartes ToF et IMU sont représentées par leurs connecteurs ; les composants déjà montés sur ces cartes ne sont pas ajoutés à la nomenclature principale.

FAB01 — Alimentation et commande

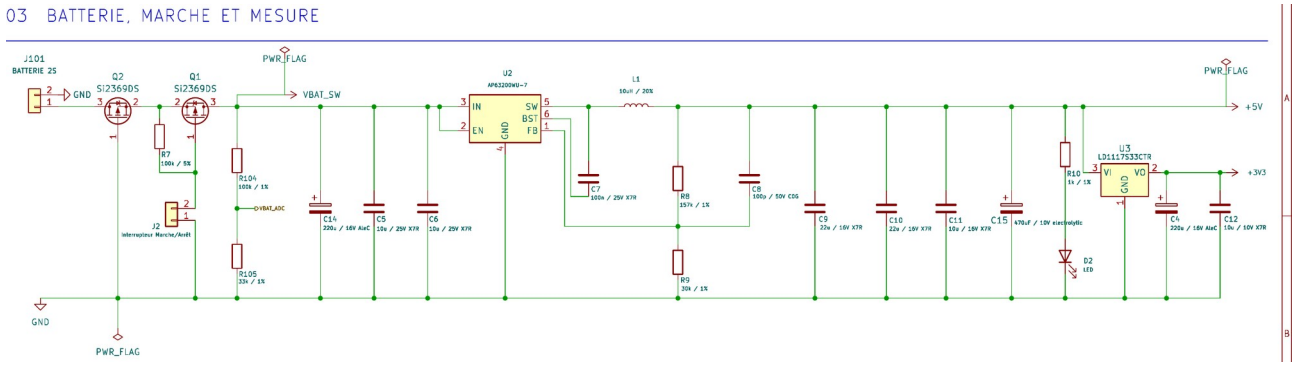


Figure 3a — Alimentation actuelle : Q1/Q2 Si2369DS et U3 LD1117S33CTR.

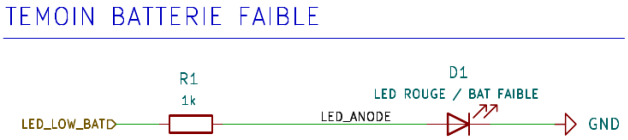


Figure 3b — Indicateur de batterie faible D1 et R1.

Le rail +3V3 rejoint directement la sortie de U3. Le sélecteur JP1 est absent. Le témoin batterie faible est D1/R1.

La chaîne comprend la protection de polarité Q2, l'interrupteur électronique Q1, le convertisseur AP63200 avec L1 de 10 µH, puis le régulateur 3,3 V LD1117S33CTR. Les moteurs reçoivent VBAT_SW via U4 ; le servo reçoit le 5 V et son retour est coupé par Q7.

Q1/Q2 : SOT-23, 1 grille, 2 source, 3 drain. U3 : SOT-223, 1 GND, 2 et tab +3V3, 3 +5V. Le tab de U3 ne doit pas être relié à GND. Les essais de stabilité du 3,3 V et de dissipation restent à réaliser.

FAB01 — Capteurs externes

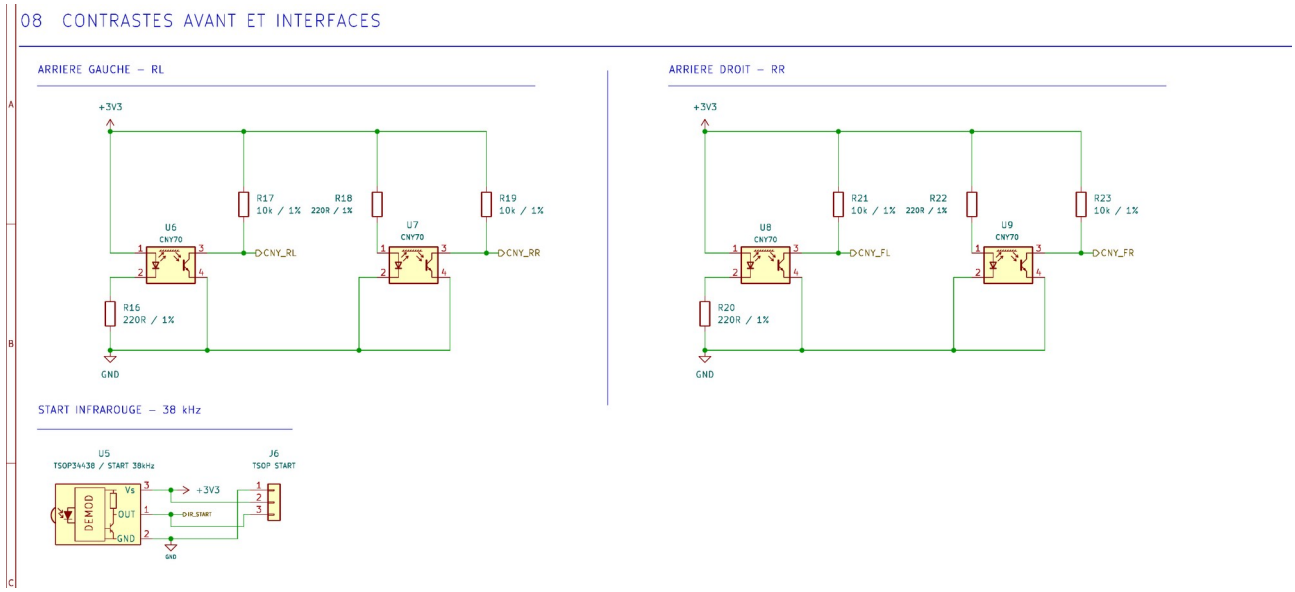


Figure 4 — Capteurs externes

La feuille Capteurs décrit les quatre CNY70 avec leurs résistances et le récepteur TSOP34438. Ces éléments restent hors carte principale. J7 et J8 transportent chacun deux signaux de capteurs au sol, le 3,3 V et la masse.

2.2. Nomenclature

Référence du document : FAB02 • Source : [CAO]

Fichier : FAB02_nomenclature/RMS_FAB02_BoM.xlsx

Quantités pour une carte principale : 53 composants électroniques implantés, répartis en 42 lignes d'achat. Les quatre trous H1 à H4 sont des usinages du PCB. Les prix et disponibilités ne sont pas vérifiés ; les références fournisseur ci-dessous proviennent des propriétés du schéma.

Repères	Qté	Valeur	Boîtier	Réf. fabricant	Appro.
C1	1	22u / 10V X7R	CMS 1206	À sélectionner	À renseigner
C2, C16	2	100n / 16V X7R	CMS 1206	À sélectionner	À renseigner
C3	1	1u / 10V X7R	CMS 1206	À sélectionner	À renseigner
C4, C14	2	220u / 16V AleC	Radial Ø6,3 / pas 2,5 mm	EEUFR1C221	RS France 739-6793
C5, C6	2	10u / 25V X7R	CMS 1206	À sélectionner	À renseigner
C7	1	100n / 25V X7R	CMS 1206	À sélectionner	À renseigner
C8	1	100p / 50V C0G	CMS 1206	À sélectionner	À renseigner
C9, C10	2	22u / 16V X7R	CMS 1206	À sélectionner	À renseigner
C11	1	10u / 16V X7R	CMS 1206	À sélectionner	À renseigner
C12	1	10u / 10V X7R	CMS 1206	À sélectionner	À renseigner
C15	1	470uF / 10V electrolytic	Radial Ø8 / pas 3,5 mm	EEUFC1A471	RS France 315-0338
D1	1	LED ROUGE / BAT FAIBLE	CMS 1206	À sélectionner	À renseigner
D2	1	LED	CMS 1206	À sélectionner	À renseigner
J1, J3, J4, J5	4	Conn_01x05	Barrette 1x05 / 2,54 mm	À sélectionner	À renseigner
J2	1	Interrupteur Marche/Arrêt	Barrette 1x02 / 2,54 mm	À sélectionner	À renseigner

FAB02 — Carte principale, suite 2

Repères	Qté	Valeur	Boîtier	Réf. fabricant	Appro.
J6	1	TSOP START	Barrette 1x03 / 2,54 mm	À sélectionner	À renseigner
J7	1	GROVE CNY AR	Grove 4P coudé / 2,00 mm	1125R-4P	Seeed OPL 320110034
J8	1	GROVE CNY AV	Grove 4P coudé / 2,00 mm	1125R-4P	Seeed OPL 320110034
J9	1	SERVO FT90M	Barrette 1x03 / 2,54 mm	À sélectionner	À renseigner
J10	1	MOTEUR A	Barrette 1x02 / 2,54 mm	À sélectionner	À renseigner
J11	1	MOTEUR B	Barrette 1x02 / 2,54 mm	À sélectionner	À renseigner
J13	1	Conn_01x06	Barrette 1x06 / 2,54 mm	À sélectionner	À renseigner
J101	1	BATTERIE 2S	Barrette 1x02 / 2,54 mm	À sélectionner	À renseigner
L1	1	10uH / 20%	Coilcraft XAL6060	XAL6060-103MEC	Farnell 2289091
Q1, Q2	2	Si2369DS	SOT-23	Si2369DS-T1-GE3	À renseigner
Q7	1	IRLML6244	SOT-23	IRLML6244	À renseigner
R1	1	1k	CMS 1206	À sélectionner	À renseigner
R2, R3, R4, R5	4	10k	CMS 1206	À sélectionner	À renseigner
R6	1	100k	CMS 1206	À sélectionner	À renseigner
R7	1	100k / 5%	CMS 1206	À sélectionner	À renseigner

FAB02 — Carte principale, suite 3

Repères	Qté	Valeur	Boîtier	Réf. fabricant	Appro.
R8	1	157k / 1%	CMS 1206	À sélectionner	À renseigner
R9	1	30k / 1%	CMS 1206	À sélectionner	À renseigner
R10	1	1k / 1%	CMS 1206	À sélectionner	À renseigner
R11	1	220	CMS 1206	À sélectionner	À renseigner
R104	1	100k / 1%	CMS 1206	À sélectionner	À renseigner
R105	1	33k / 1%	CMS 1206	À sélectionner	À renseigner
SW1	1	BOOT	SW_SPST_Multicomp_MC32882	MC32882	À renseigner
SW2	1	RESET	SW_SPST_Multicomp_MC32882	MC32882	À renseigner
U1	1	ESP32-S3-WROOM-1	Module ESP32-S3	ESP32-S3-WROOM-1-N4	À renseigner
U2	1	AP63200WU-7	TSOT-23-6	AP63200WU-7	RS France 719-539
U3	1	LD1117S33CTR	SOT-223-3_TabPin2	LD1117S33CTR	À renseigner
U4	1	Pololu 2135 / DRV8835	Module complet / 2 × 7	Pololu 2135	À renseigner

Les références et tolérances encore manquantes sont signalées dans le tableur. Les boutons sont les Multicomp MC32882 ; les LED sont en 1206. Réception physique et capacité utile des MLCC restent à contrôler.

Pour C5/C6, vérifier une capacité effective totale d’au moins 10 µF à 8,4 V ; pour C9/C10, au moins 22 µF à 5,15 V, conformément aux notes du schéma. La tension nominale seule ne garantit pas la capacité utile des céramiques.

FAB02 — Ensembles externes et accessoires

Ces éléments ne doivent pas être placés une seconde fois sur le PCB principal. Les quantités ci-dessous complètent la BoM du robot ; le câblage et les supports mécaniques dépendent de l'intégration finale.

Repères ou liaison	Qté	Composant ou ensemble	Référence / montage
R16, R18, R20, R22	4	220R / 1%	À sélectionner
R17, R19, R21, R23	4	10k / 1%	À sélectionner
U6, U7, U8, U9	4	CNY70	Vishay CNY70
U5	1	TSOP34438 / START 38kHz	Vishay TSOP34438
Sur J3/J4/J5	3	Carte ToF assemblée	DFRobot SEN0378
Sur J1	1	Carte IMU assemblée	Joy-IT SEN-MPU6050
Sur J9	1	Servomoteur	FT90M
Sur J10/J11	2	Motoréducteur GM9	Solarbotics GM9 / GoTronic 25343
Sur J101	1	Batterie LiPo 2S	500 mAh selon CDC
Sur J2	1	Interrupteur à bascule	À confirmer
U4 accessoires	2	Barrette 1 × 7	À confirmer
H1–H4 accessoires	4	Vis M3 et entretoises adaptées	Longueur ≤13 mm selon CDC

U4 désigne un module complet. Les deux barrettes 1 × 7 ne sont à ajouter que si elles ne sont pas fournies avec celui-ci. Le suffixe mémoire de U1 et l'identification de la self stock XAL6060-103MEC restent à confirmer. Aucun coût total n'est annoncé sans prix vérifiés.

FAB02 — Justification des références et des valeurs

Les fiches suivantes relient les composants à leurs exigences, donnent un court extrait du fabricant et reprennent les calculs utiles au montage. Les dérivations complètes se trouvent dans les sections CDT du DDC. Aucun rating catalogue ne remplace une mesure sur la carte.

Dimensionnement du convertisseur 5 V

Référence de conception : CDT_ENERGIE_5V

Exigences étudiées : EXIG_CARTE, EXIG_AUTONOMIE, EXIG_PCB_CMS, EXIG_PCB_PISTES

Extrait fabricant : « 2A Continuous Output Current » — S1, p. 1, 5 et 13, tableau 1. Consulter la source

Extrait fabricant : « Electrical specifications at 25°C » — S13, table des caractéristiques à 25 °C, consultée le 15/10/2026. Consulter la source

Calcul de la consigne : Vout = 0,8 × (1 + 157/30) = 4,9867 V. En combinant les limites ±1 % des deux résistances et de la référence, Vmin = 0,792 × (1 + 155,43/30,30) = 4,855 V ; Vmax = 0,808 × (1 + 158,57/29,70) = 5,122 V. Ce sont des coins statiques, hors ondulation, transitoires et pertes de pistes.

Ondulation du courant de L1 : $\Delta IL = Vout \times (1 - Vout/Vin)/(L \times f)$. À 8,4 V, 5 V, 10 µH et 500 kHz : ΔIL = 0,405 A ; à 2 A de sortie, Icrête = 2,202 A. Avec L = 8 µH et f = 470 kHz : ΔIL = 0,538 A, Icrête = 2,269 A. Ce dernier reste sous la limite de crête minimale de 2,5 A du convertisseur [S1].

Pour la référence XAL6060-103MEC, Coilcraft donne Isat = 7,6 A, Irms = 5 A pour une hausse de 20 °C et DCR maximale de 29,8 mΩ [S13]. Ainsi, 2,269 A < 7,6 A et la perte cuivre estimée à 2 A vaut I^2R ≈ 0,119 W à 25 °C. Ce résultat est conditionné à l'identification de la self stock : le seul marquage 103 ne prouve ni le courant admissible ni la DCR.

C5/C6 doivent conserver ensemble au moins 10 µF utiles à 8,4 V ; C9/C10 au moins 22 µF utiles vers 5,12 V, selon les objectifs annotés au schéma. Les références MLCC restant à choisir, la perte de capacité sous tension et le courant d'ondulation ne sont pas encore démontrés. Les valeurs gravées seules ne suffisent pas.

Conclusion de dimensionnement : Valeurs de boucle et de filtre justifiées ; thermique, capacité effective des MLCC et identification de L1 à vérifier sur les références réellement montées.

Dimensionnement du régulateur 3,3 V

Référence de conception : CDT_ENERGIE_3V3

Exigences étudiées : EXIG_CARTE, EXIG_AUTONOMIE, EXIG_PCB_CMS

Extrait fabricant : « Internal current and thermal limit » — S2, p. 1, 6–7 et 18, tableau 12. Consulter la source

U3 est le LD1117S33CTR fixe 3,3 V. En SOT-223 : 1 = GND, 2 et tab = sortie +3V3, 3 = entrée +5V. Ce brochage est celui du fichier actuel. Le tab n'est pas une masse. Les moteurs sont alimentés par VBAT_SW et le servo par +5V ; ils ne traversent pas U3 [S2].

Calcul thermique nominal : P ≈ (5 − 3,3) × I = 1,7 I. Avec la valeur de référence RθJA = 110 °C/W de la page 7, Tj ≈ Ta + 110 P. Cette résistance dépend du PCB ; le calcul n'est ni une température mesurée ni une garantie sur notre faible surface de cuivre au tab.

À 200, 300, 400 et 500 mA continus, les pertes nominales sont respectivement 0,34 ; 0,51 ; 0,68 ; 0,85 W. À 40 °C ambiants, les jonctions estimées sont 77 ; 96 ; 115 ; 134 °C. La limite de fonctionnement est 125 °C [S2]. Le cas 500 mA continu n'a donc pas de marge avec ce modèle.

Coin pessimiste supplémentaire : P = (5,122 − 3,16) I + 5,122 × 0,010, en utilisant 10 mA de courant propre maximal. À 300 mA, P ≈ 0,640 W et Tj ≈ 110 °C pour Ta = 40 °C. Le courant donnant 125 °C dans ce modèle est environ 368 mA. Les 800 mA annoncés ne sont donc pas un courant continu

garanti sur cette carte.

La limitation interne évite certains surcourants et surchauffes, mais son intervention peut faire chuter le 3,3 V et réinitialiser le programme. Valider la température et le rail à l'oscilloscope après stabilisation thermique, radio et capteurs dans leur état le plus consommateur. Une surface de cuivre +3V3 reliée au tab améliorerait la dissipation ; elle n'a pas été ajoutée au design livré.

Conclusion de dimensionnement : Brochage et tensions compatibles. La tenue thermique du PCB reste conditionnelle au courant réel ; aucune preuve de fonctionnement continu à 500 ou 800 mA n'est acquise.

Protection de polarité et marche arrêt

Référence de conception : CDT_PROTECTION

Exigences étudiées : EXIG_PROT_INV_POL, EXIG_INTER, EXIG_AUTONOMIE

Extrait fabricant : « P-Channel 30 V (D-S) MOSFET » — S3, p. 1–2, caractéristiques et conditions thermiques. Consulter la source

À 8,4 V, |VDS| reste inférieur à 30 V et |VGS| inférieur à 20 V, hors surtensions de câblage. La résistance maximale donnée à VGS = −4,5 V est 40 mΩ à 25 °C. Utiliser cette valeur pour les deux composants donne une résistance totale de 80 mΩ, plus prudente que la valeur à −10 V.

À 2 A : ΔVpaire = 2 × 0,080 = 0,160 V et Ppaire = 2² × 0,080 = 0,320 W, soit 0,160 W par composant. À 3 A : ΔVpaire = 0,240 V et Ppaire = 0,720 W, soit 0,360 W chacun. La résistance augmente à chaud ; ces pertes à 25 °C ne bornent pas le régime chaud.

J2 fermé conduit environ 8,4/100 000 = 84 µA dans R7, soit 0,706 mW. Avec R7 à −5 %, le courant reste inférieur à 89 µA. Le courant moteur ne traverse pas le basculeur. En inversion, le critère CDC porte sur le circuit complet : mesurer moins de 1 mA à −8,4 V sur une alimentation limitée, sans autre source branchée. Vérifier aussi le vrai arrêt avec J2 ouvert.

Conclusion de dimensionnement : Topologie, brochage et ratings de tension cohérents. Courant inverse inférieur à 1 mA et échauffement des deux SOT-23 encore à mesurer.

Deux moteurs et commande du servo

Référence de conception : CDT_ACTION

Exigences étudiées : EXIG_DEPLACEMENT, EXIG_COMPORTEMENT, EXIG_SECUR_BATT

Extrait fabricant : « 1.2 A continuous (1.5 A peak) per motor » — S5, rubriques Specifications et Current considerations, consultées le 15/10/2026. Consulter la source

Extrait fabricant : « GM9 with Default RM3 motor » — S6, p. 1, tableau Default RM3. Consulter la source

Extrait fabricant : « (@VGS = 2.5V) 27.0 mΩ » — S4, p. 1–2. Consulter la source

Le tableau GM9 RM3 donne 0,7 A bloqué à 6 V et 1,0 A à 9 V. Une interpolation à 8,4 V donne 0,7 + (8,4 − 6) × (1,0 − 0,7)/3 = 0,94 A par moteur, soit 1,88 A pour deux. La marge par voie par rapport à 1,2 A vaut 0,26 A. Il faut confirmer la version RM3 et mesurer le blocage bref ; la version RM2 et les tolérances ne sont pas couvertes par cette estimation [S5, S6].

Q7 IRLML6244 coupe le retour GND_SERVO : source 2 à GND, drain 3 vers J9, grille 1 via R11 = 220 Ω. R6 = 100 kΩ rappelle ACT_ENABLE à zéro. Avec VGS = 3,3 V, le choix se fonde sur RDS(on) spécifié dès 2,5 V et non sur VGS(th). À 1 A, P = 1² × 0,027 = 27 mW ; à 2 A, 108 mW, à 25 °C [S4].

Le courant initial théorique dans R11 vaut 3,3/220 ≈ 15 mA et le courant permanent dans R6 vaut 33 µA. R11 limite la charge de grille ; R6 impose l'arrêt quand la sortie MCU est flottante. ACT_ENABLE est GPIO11/pastille 19 ; SERVO_PWM est GPIO12/pastille 20. La charge servo réelle n'est pas déduite du seuil de grille.

Le servo reçoit +5V en permanence ; Q7 ouvre seulement sa masse. Avant de couper ACT_ENABLE, arrêter les impulsions et placer la sortie PWM dans un état qui n'assure pas de retour parasite. Mesurer le courant du servo à l'arrêt : une entrée PWM peut sinon fournir un chemin de retour. Tester le redémarrage, les resets et la sous-tension avec le vrai FT90M.

Conclusion de dimensionnement : Commandes et courants estimés compatibles sous les hypothèses indiquées. Blocage réel des moteurs, courant servo, état au reset et absence de retour par PWM à tester.

Mesure de batterie et seuil de coupure

Référence de conception : CDT_BATTERIE_ADC

Exigences étudiées : EXIG_SECUR_BATT, EXIG_AUTONOMIE

R104 = 100 kΩ et R105 = 33 kΩ, tous deux à 1 %, divisent VBAT_SW vers GPIO20, ADC2_CH9, pastille 14. Le rapport nominal vaut k = 33/(100 + 33) = 0,248120. À 8,4 V batterie, VADC = 2,084 V ; à 6,6 V, VADC = 1,638 V. La tension est compatible avec l'entrée et une atténuation ADC adaptée, à configurer explicitement [S8, S18].

Tolérances : kmin = 32,67/(101 + 32,67) = 0,244408 ; kmax = 33,33/(99 + 33,33) = 0,251870. À 8,4 V : 2,053 à 2,116 V ; à 6,6 V : 1,613 à 1,662 V. Un seuil logiciel fixe à 1,638 V sans calibration correspondrait à environ 6,50 à 6,70 V batterie, avant même l'erreur ADC.

À 8,4 V : Idiv = 8,4/133 kΩ = 63,2 µA ; P100k ≈ 0,399 mW et P33k ≈ 0,132 mW. Des résistances 1206 de puissance nominale au moins 0,125 W ont une large marge pour ces pertes. La résistance de Thévenin vaut 100k // 33k = 24,81 kΩ ; vérifier le temps d'acquisition et la dispersion de mesure.

Essai : faire descendre une alimentation contrôlée vers 6,6 V et relever simultanément tension au connecteur, résultat ADC, PWM moteurs, ACT_ENABLE et LED. Confirmer arrêt moteur, ouverture de Q7 et clignotement de D1, puis absence de redémarrage spontané lors du rebond de tension.

Conclusion de dimensionnement : Résistances et plage ADC dimensionnées. Seuil de protection non validé tant que calibration et essai sous charge ne sont pas réalisés.

Quatre capteurs de sol CNY70

Référence de conception : CDT_SOL

Exigences étudiées : EXIG_DEPLACEMENT, EXIG_LUMINOSITE, EXIG_CARTE

Extrait fabricant : « Daylight blocking filter » — S9, p. 1–2, maximums et caractéristiques optiques.
Consulter la source

En prenant VF ≈ 1,25 V comme estimation, ILED ≈ (3,3 − 1,25)/220 = 9,3 mA et PR ≈ 19 mW. Le VF typique du fabricant est spécifié à 50 mA : cette estimation à 9 mA n'est pas une valeur garantie. Une borne volontairement conservatrice avec VF ≥ 0, Vrail ≤ 3,44 V et R ≥ 217,8 Ω donne ILED < 15,8 mA, inférieur au maximum absolu 50 mA du CNY70 [S9].

La puissance de la résistance 220 Ω reste inférieure à $3{,}44^2/217{,}8 = 54{,}3$ mW dans cette borne. Choisir au moins 0,125 W. La résistance 10 kΩ peut tirer environ 3,44/9,9k = 0,347 mA ; sa perte reste sous 1,20 mW. Le courant LED maximal des quatre voies est ainsi inférieur à 63,2 mA par cette borne prudente.

J7 et J8 sont des Grove coudés 1125R-4P au pas de 2 mm [S16]. Broches : 1 voie droite, 2 voie gauche, 3 +3V3, 4 GND. Les pastilles sont de 2,4 × 1,6 mm et les trous de 0,8 mm. R16–R23 et les capteurs restent sur les ensembles externes ; ils ne sont pas à placer sur la carte principale.

Relever pour chaque voie les distributions ADC sur noir et blanc à la hauteur finale, sous éclairage faible, fort et flash. Définir seuil et hystérésis entre ces distributions. À la vitesse maximale, vérifier que la distance de réaction v × délai et la distance de freinage restent inférieures à la marge entre capteur et bord du robot.

Conclusion de dimensionnement : Courants LED et puissances de résistances justifiés. Hauteur utile, seuils et réaction avant sortie du dohyo restent à mesurer.

Télémètres IMU et télécommande

Référence de conception : CDT_ACQUISITION

Exigences étudiées : EXIG_ADVERSAIRE, EXIG_LUMINOSITE, EXIG_DEPART, EXIG_COMPORTEMENT

Extrait fabricant : « Detection Range » — S11, rubriques Specification et Pinout, consultées le 15/10/2026. Consulter la source

Extrait fabricant : « Logic level » — S12, p. 1, Key features. Consulter la source

Extrait fabricant : « Supply voltage » — S10, p. 1 et 3, brochage et caractéristiques. Consulter la source

Les trois adresses initiales sont 0x29. Maintenir les XSHUT inactifs, libérer chaque capteur successivement et lui attribuer une adresse distincte. Broches utilisées : XSHUT gauche GPIO37/pad30, centre GPIO38/31, droite GPIO39/32 ; SDA GPIO41/34 et SCL GPIO42/35. Conserver tous les résultats valides renvoyés par le pilote ; un index de résultat ne constitue pas l'identité permanente d'une cible.

Les résistances I²C des modules se mettent en parallèle. Mesurer leur résistance équivalente et la capacité des faisceaux. Exemple de calcul, non mesure du montage : avec 100 pF et une montée visée de 300 ns, Rp ≤ 300 ns/(0,8473 × 100 pF) = 3,54 kΩ. À 400 pF, Rp ≤ 885 Ω. Confirmer aussi le courant de tirage admissible de chaque module ; choisir la fréquence à partir de l'oscilloscope, pas seulement de la longueur du câble.

Le TSOP34438 accepte 2,0 à 5,5 V et démodule une porteuse de 38 kHz [S10]. Son alimentation 3,3 V est adaptée. Attention au faisceau : J6 est 1 GND, 2 +3V3, 3 sortie ; le composant TSOP34438 est 1 OUT, 2 GND, 3 VS. Les numéros ne correspondent donc pas fil à fil.

Conclusion de dimensionnement : Alimentations, bus et brochages cohérents pour les modules nommés. Faisceaux, tirages I²C et performances optiques restent à vérifier au montage.

Broches spéciales démarrage et programmation

Référence de conception : CDT_TRAITEMENT

Exigences étudiées : EXIG_CARTE, EXIG_DEPART, EXIG_SECUR_BATT, EXIG_CODE_TEST

Extrait fabricant : « Operating voltage/Power supply: 3.0 ~ 3.6 V » — S7, p. 2–3 et 10–12, tableaux de variantes et de broches. Consulter la source

Extrait fabricant : « pins need to be reconfigured via the IO_MUX_MCU_SEL bit » — S8, p. 24–26, tableau 2-8 et section 2.3.4. Consulter la source

Le module retenu est ESP32-S3-WROOM-1-N4, à contrôler sur son étiquette. Le tableau 1-1 distingue N4, flash Quad SPI sans PSRAM, des variantes à PSRAM Octal. GPIO37 peut servir à XSHUT pour N4 ; ne pas substituer une variante réservant GPIO35 à GPIO37 à sa mémoire [S7].

GPIO19 et GPIO20 sont USB_D− et USB_D+ au reset. GPIO19 doit être reconfiguré en sortie PWM B_ENABLE et GPIO20 en entrée ADC2_CH9. Le texte de la page 25 confirme explicitement la possibilité de réaffectation. Ne pas activer simultanément USB Serial/JTAG ou USB OTG sur ces broches [S8]. Programmer par UART0 ; aucune modification d'eFuse n'est requise pour ce simple choix de fonctions.

J13 : 1 +3V3, 2 UART_TX/GPIO43, 3 UART_RX/GPIO44, 4 BOOT/GPIO0, 5 EN, 6 GND. Croiser RX/TX avec l'adaptateur 3,3 V. Le sélecteur JP1 a été supprimé : ne pas alimenter le 3,3 V à la fois par le programmateur et par le régulateur. Utiliser TX, RX et GND lorsque la carte est déjà alimentée.

Conclusion de dimensionnement : Affectations utilisables pour N4 avec configuration explicite. Firmware, transitoires au reset et alimentation de programmation à valider avant essais autonomes.

Découplages boutons et indicateurs

Référence de conception : CDT_PASSIFS

Exigences étudiées : EXIG_CARTE_VISU, EXIG_SCH_VALEURS, EXIG_PCB_EMPREINTES

Extrait fabricant : « EEUFR1C221 » — S14, table de sélection 16 V, ligne 220 µF. Consulter la source

Extrait fabricant : « 50mA at 12VDC » — S15, Product Information, consulté le 15/10/2026. Consulter la source

Extrait fabricant : « 1125R-4P » — S16, table des connecteurs, 1125R-4P, 320110034. Consulter la source

C14, 220 µF / 16 V, est sur VBAT_SW ; C4, de même référence Panasonic EEUFR1C221, est sur +3V3. Le boîtier est Ø6,3 mm, longueur 11,2 mm, pas 2,5 mm. À 8,4 V et 3,44 V, leurs tensions utilisent respectivement 52,5 % et 21,5 % du nominal. La série FR donne 455 mA efficaces d'ondulation à 100 kHz pour cette référence [S14]. Le partage du courant avec les céramiques doit être vérifié.

C15 est le 470 µF / 10 V, référence BoM EEUFC1A471, Ø8 mm au pas de 3,5 mm. Il reste sur +5V avec C16 = 100 nF pour les variations rapides du servo. À 5,122 V, l'utilisation en tension est 51,2 %. La réserve idéale $\Delta t = C \times \Delta V/\Delta I$ vaut seulement 94 µs pour 0,2 V et 1 A ; ce condensateur n'alimente donc pas un blocage prolongé. Sa référence et son courant d'ondulation sont à contrôler à réception.

SW1/SW2 sont les Multicomp MC32882, empreinte locale du modèle SMD 6 × 6 mm. Sous 3,3 V et un rappel de 10 kΩ, le courant statique du contact fermé vaut 0,33 mA, très inférieur aux 50 mA sous 12 V du contact [S15]. Vérifier à l'ohmmètre les deux groupes de pattes communes et l'absence de continuité entre groupes au repos.

D1/D2 sont en boîtier 1206 avec R1/R10 = 1 kΩ. Pour une LED rouge supposée à 2 V, D1 prend environ (3,3 − 2)/1k = 1,3 mA ; D2 environ 3 mA sous 5 V. Sans référence LED exacte, ce ne sont que des scénarios. Même en négligeant VF, R10 dissipe au plus $5{,}122^2/990 \approx 26{,}5$ mW : une résistance 0,125 W convient. Confirmer luminosité, polarité et courant admissible des LED sélectionnées.

Les pastilles traversantes ordinaires sont oblongues 2,4 × 1,8 mm, avec exceptions de repérage de broche 1. Les Grove sont 2,4 × 1,6 mm pour le pas de 2 mm ; l'écart entre deux pads de cette largeur vaut nominalement 0,4 mm. Les trous et numéros sont conservés. Ces adaptations demandées par l'enseignant sont incluses dans les bibliothèques locales du lot.

Conclusion de dimensionnement : Marges électriques des passifs calculées ; références MLCC/LED, tolérances manquantes et contrôle physique des boîtiers restent des points d'approvisionnement.

FAB02 — Notices citées

[S1] Diodes Incorporated, AP63200, DS41326 Rev. 3-2, novembre 2024. p. 1, 5 et 13, tableau 1. Notice fabricant

[S2] STMicroelectronics, LD1117, DocID2572 Rev. 38, janvier 2025. p. 1, 6–7 et 18, tableau 12. Notice fabricant

[S3] Vishay, Si2369DS. p. 1–2, caractéristiques et conditions thermiques. Notice fabricant

[S4] Infineon International Rectifier, IRLML6244, PD-97535A. p. 1–2. Notice fabricant

[S5] Pololu, DRV8835 Dual Motor Driver Carrier 2135. rubriques Specifications et Current considerations, consultées le 15/10/2026. Notice fabricant

[S6] Solarbotics, GM9 Motor Data. p. 1, tableau Default RM3. Notice fabricant

[S7] Espressif, ESP32-S3-WROOM-1 et 1U, version 1.8. p. 2–3 et 10–12, tableaux de variantes et de broches. Notice fabricant

[S8] Espressif, ESP32-S3 Series Datasheet, version 2.2. p. 24–26, tableau 2-8 et section 2.3.4. Notice fabricant

[S9] Vishay, CNY70, document 83751. p. 1–2, maximums et caractéristiques optiques. Notice fabricant

[S10] Vishay, TSOP322/324/344/348, document 82489, Rev. 2.1. p. 1 et 3, brochage et caractéristiques. Notice fabricant

[S11] DFRobot, SEN0378 VL53L3CX. rubriques Specification et Pinout, consultées le 15/10/2026. Notice fabricant

[S12] Joy-IT, SEN-MPU6050, fiche du 04/11/2021. p. 1, Key features. Notice fabricant

[S13] Coilcraft, XAL6060-103MEC. table des caractéristiques à 25 °C, consultée le 15/10/2026. Notice fabricant

[S14] Panasonic, série FR, EEUFR1C221. table de sélection 16 V, ligne 220 µF. Notice fabricant

[S15] Multicomp, MC32882, fiche produit Farnell 2396053. Product Information, consulté le 15/10/2026. Notice fabricant

[S16] Seeed Studio, Grove Designers Guide. table des connecteurs, 1125R-4P, 320110034. Notice fabricant

[S17] Texas Instruments, DRV8835, Rev. H. section 7.3.2, mode PHASE/ENABLE. Notice fabricant

[S18] Espressif, ESP-IDF 5.5, ADC oneshot. Hardware limitations. Notice fabricant

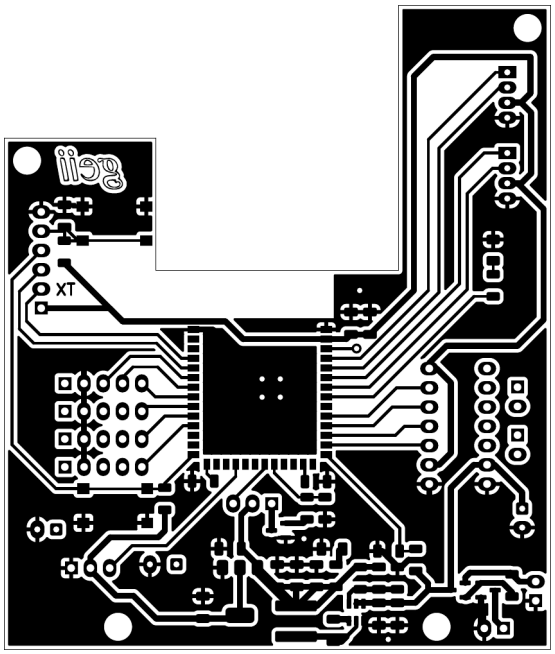
[S19] Espressif, ESP-IDF, ADC continuous ESP32-S3. Hardware limitations, consulté le 15/10/2026. Notice fabricant

2.3. Typons

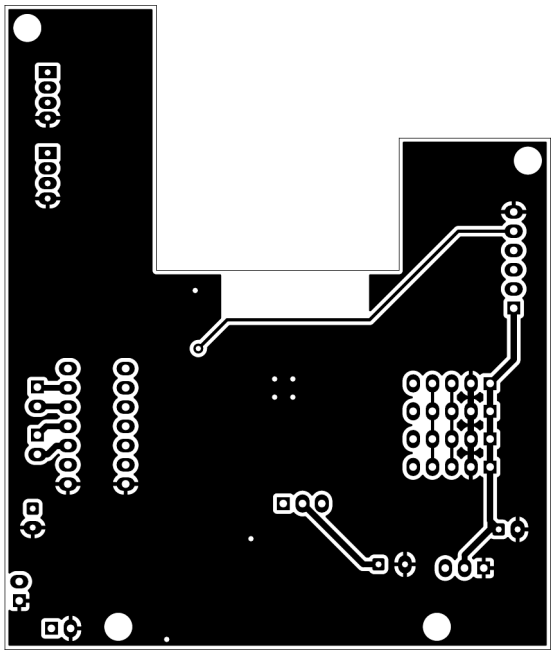
Référence du document : FAB03 • Source : [CAO]

Fichier : FAB03_typons/typon_dessus_miroir.pdf et typon_dessous_sans_miroir.pdf

Dessus F.Cu avec miroir et dessous B.Cu sans miroir, selon la convention du modèle DDF. Noir = cuivre à conserver. Les Gerber de production sont exportés dans le repère natif, sans miroir supplémentaire.



Dessus avec miroir



Dessous sans miroir

Figures 5 et 6 — Typons des deux faces

Pour réaliser les masques, utiliser les PDF FAB03 dédiés et imprimer à 100 %, sans « ajuster à la page ». Mesurer la barre de contrôle de 50 mm avant exposition. Le contour du PCB mesure environ 72,008 × 85 mm ; la découpe supérieure est asymétrique.

Les typons proviennent du routage sauvegardé le 15 octobre 2026. Les réserves DRC restent consignées dans la revue finale. Les points de conformité et de validation restant ouverts figurent à la fin du dossier. Les couches de masque de soudure et de pâte sont fournies. Aucune sérigraphie ne sera fabriquée : les Gerber F.Silkscreen et B.Silkscreen sont exclus du lot.

2.4. Plan de perçage

Référence du document : FAB04 • Source : [CAO]

Fichier : FAB04_percage/RMS_FAB04_plan_percage.pdf

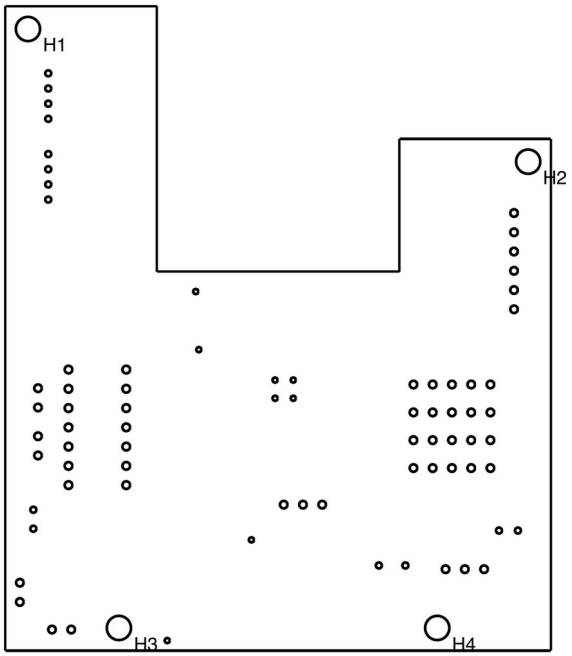


Figure 7 — Repérage des trous vu du dessus

Ø nominal	Type	Qté	Destination
0,70 mm	PTH	8	4 vias et 4 trous du pad GND de U1
0,80 mm	PTH	14	Électrolytiques et connecteurs Grove
1,00 mm	PTH	40	Connecteurs
1,02 mm	PTH	14	Module Pololu U4
3,20 mm	NPTH	4	Fixations H1 à H4

Total : 80 trous, dont 76 métallisés et 4 non métallisés. Les Excellon PTH et NPTH utilisent le même repère millimétrique que les Gerber. Les quatre traversées du pad central U1 sont incluses dans le total.

Centres KiCad (X ; Y en mm) : H1 (81,310 ; 41,130), H2 (147,318 ; 58,630), H3 (93,310 ; 120,130), H4 (135,318 ; 120,130). Contrôler les dégagements des têtes et la longueur des vis avec le châssis réel.

2.5. Schéma d'implantation

Référence du document : FAB05 • Source : [CAO]

Fichier : FAB05_implantation/implantation_dessus.pdf

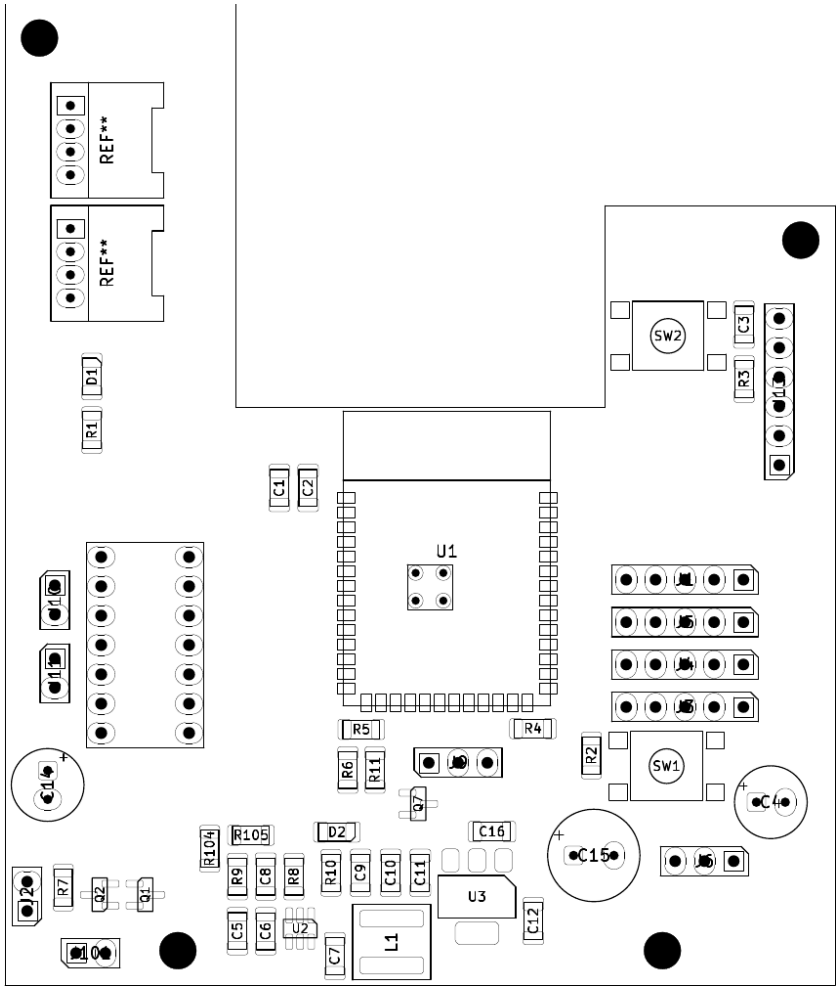


Figure 8 — Implantation face composants

Les 58 empreintes, dont 53 composants, quatre fixations et un logo cuivre, sont sur la face dessus. La face dessous porte du cuivre et les soudures traversantes. Le PDF d'implantation est agrandi à 1,75:1 pour rendre les repères lisibles ; ce n'est pas un masque de gravure.

Vérifier en priorité le sens de Q1/Q2, le repère de broche 1 des circuits, les anodes/cathodes de D1/D2 et les polarités des trois électrolytiques. Sur ces derniers, la pastille 1 est positive et la pastille 2 négative. U4 se monte côté composants vers le haut ; sa broche 1 est le GND côté logique.

FAB05 — Brochage des connecteurs

Broches lues dans la netlist et sur les pastilles du PCB ; ne pas déduire le câblage de la position visuelle ou d’un ancien texte de propriété.

Repère	Fonction	Broches
J101	Batterie	1 BAT+ brut ; 2 GND
J2	Interrupteur	1 GND ; 2 grille Q1
J13	Programmation	1 +3V3 ; 2 UART_TX ; 3 UART_RX ; 4 ESP_BOOT ; 5 ESP_EN ; 6 GND
J1	IMU	1 +3V3 ; 2 GND ; 3 I2C_SCL ; 4 I2C_SDA ; 5 IMU_INT
J3	ToF gauche	1 +3V3 ; 2 GND ; 3 I2C_SCL ; 4 I2C_SDA ; 5 TOF_XSHUT_LEFT
J4	ToF centre	1 +3V3 ; 2 GND ; 3 I2C_SCL ; 4 I2C_SDA ; 5 TOF_XSHUT_CENTRE
J5	ToF droite	1 +3V3 ; 2 GND ; 3 I2C_SCL ; 4 I2C_SDA ; 5 TOF_XSHUT_RIGHT
J6	Départ infrarouge	1 GND ; 2 +3V3 ; 3 IR_START
J7	CNY arrière	1 CNY_RR ; 2 CNY_RL ; 3 +3V3 ; 4 GND
J8	CNY avant	1 CNY_FR ; 2 CNY_FL ; 3 +3V3 ; 4 GND
J9	Servo	1 GND_SERVO ; 2 +5V ; 3 SERVO_PWM
J10	Moteur A	1 MOTOR_A_OUT1 ; 2 MOTOR_A_OUT2
J11	Moteur B	1 MOTOR_B_OUT1 ; 2 MOTOR_B_OUT2

J13 est relié directement à +3V3. Ne pas raccorder le VCC du programmateur lorsque la carte est alimentée localement. Le retour GND_SERVO de J9 passe par Q7 ; ne pas le court-circuiter à GND.

Affectations U1 actuelles : ACT_ENABLE pad19/GPIO11 ; SERVO_PWM pad20/GPIO12 ; VBAT_ADC pad14/GPIO20 ; LED_LOW_BAT pad8/GPIO15. Moteurs : pads10/11/12/13, GPIO17/18/8/19. I2C : SDA pad34/GPIO41, SCL pad35/GPIO42. XSHUT gauche/centre/droite : pads30/31/32, GPIO37/38/39 ; IMU_INT pad33/GPIO40. La libération des fonctions USB et JTAG est détaillée dans le DDC et ci-dessous.

2.6. Modèles de la carte fabriquée

Référence du document : FAB06 • Source : [CAO]

Fichier : FAB06_modeles/carte_top.png et carte_bottom.png

Rendus natifs du visualiseur KiCad. Ils illustrent l'état numérique du circuit, sans constituer une photographie d'une carte réalisée. Le modèle volumique du module Pololu U4 n'est pas présent ; son emprise reste visible. Les repères éventuellement visibles dans ces rendus servent uniquement à la lecture : aucune sérigraphie n'est commandée.

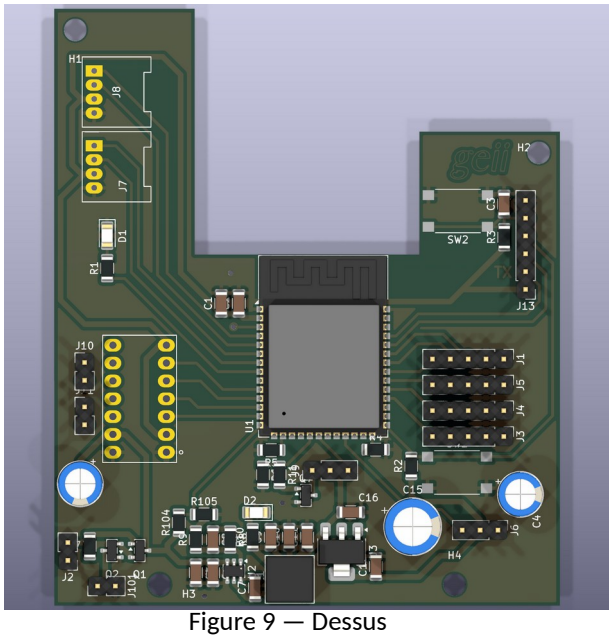


Figure 9 — Dessus

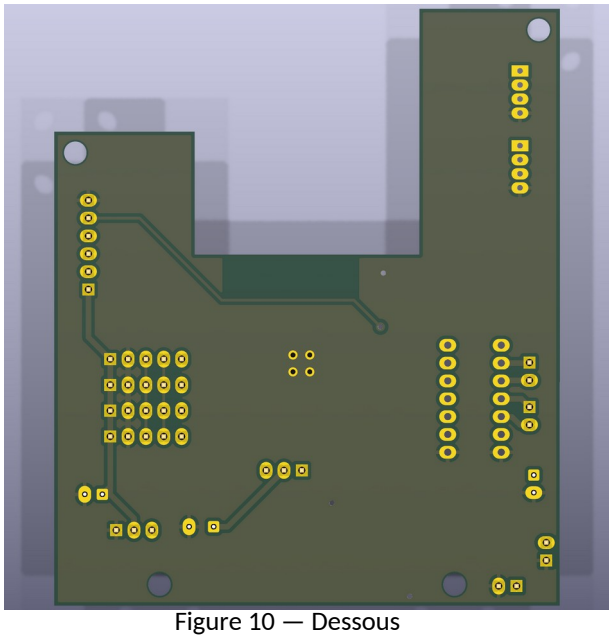


Figure 10 — Dessous

Carte double face de 1,6 mm d'épaisseur. Les vues permettent de contrôler l'accès aux connecteurs, aux boutons et aux vis. La portée radio de l'antenne ESP32 et les températures en fonctionnement restent à qualifier sur le montage réel.

3. Processus de fabrication du produit

La séquence ci-dessous s’applique après revue des points de conformité encore ouverts au chapitre suivant. Les schémas et fichiers de production fournis constituent la référence commune à utiliser à chaque étape.

Préparer le lot

Contrôler les composants par rapport à la nomenclature et distinguer carte principale, modules achetés et capteurs externes. Vérifier les boîtiers des électrolytiques, la self stock, les références MOSFET et le suffixe du module ESP32. Imprimer le plan d’implantation et le brochage.

Produire le circuit

Utiliser les Gerber X2 et les deux fichiers Excellon du dossier production. La définition comporte des trous métallisés ; si le circuit est réalisé en atelier sans métallisation industrielle, faire valider la méthode de liaison entre faces, en particulier sous U1, avant montage. Pour une photogravure, contrôler l’échelle des deux typons et leur alignement.

Contrôler le circuit nu

Vérifier le contour, les quatre fixations et les perçages. Contrôler l’absence de court-circuit entre VBAT_SW, +5V, +3V3 et GND. Vérifier les continuités des traversées, puis inspecter l’état des pistes et pastilles.

Monter les composants

Commencer par les résistances et condensateurs CMS, puis les circuits et MOSFET, le module ESP32, la self, les boutons et LED. Souder ensuite les composants traversants et les connecteurs. Le pad central 41 de U1 doit être relié et soudé à GND. Vérifier chaque polarité avant soudage.

Monter les modules et faisceaux

Installer U4 selon le repère de broche 1. Câbler J1/J3/J4/J5 vers les modules IMU et ToF, puis les CNY, le TSOP et le servo selon le tableau FAB05. Vérifier les continuités à l’ohmmètre, les détrompages et la fixation des câbles. Ne pas brancher deux sources de 3,3 V simultanément.

Mise sous tension et essais

Effectuer les premiers essais sur alimentation de laboratoire limitée en courant, actionneurs déconnectés. Consigner les mesures et les conditions d'essai ; aucun résultat matériel n'a été présumé dans ce dossier.

Alimentations et marche arrêt

Mettre sous tension dans le sens correct, contrôler la commande J2 puis mesurer le 5 V, le 3,3 V et le courant au repos. Répéter aux tensions d'entrée utiles de la batterie 2S. Vérifier l'absence de retour d'alimentation par le programmateur sans alimentation simultanée par J13.

Microcontrôleur et capteurs

Vérifier RESET et BOOT, charger le programme avec la bonne affectation des broches, tester UART, I²C et l'interruption IMU. Démarrer les ToF un à un par XSHUT avant attribution d'adresses distinctes. Contrôler séparément les quatre voies CNY et le décodage du départ infrarouge.

Actionneurs et coupure

Tester chaque moteur à faible sollicitation, puis le servo, tout en mesurant les chutes de tension et l'échauffement. La commande logicielle arrête les moteurs ; Q7 coupe le retour du servo. Mettre le signal PWM servo dans l'état inactif approprié avant coupure et vérifier qu'aucun retour par ce signal ne maintient le servo alimenté.

Protection de batterie

Faire décroître la tension d'entrée et vérifier l'arrêt des moteurs, la coupure du servo et le clignotement de la LED sous 6,6 V. Le seuil doit tenir compte des tolérances du pont 100 kΩ / 33 kΩ et de l'erreur de mesure ADC ; calibrer et vérifier le seuil sur la carte assemblée.

Polarité et validation finale

Vérifier sur banc à courant limité la protection contre inversion de polarité et un courant inversé inférieur à 1 mA, conformément au CDC. Terminer par l'essai thermique avec le servo et l'ESP32 actifs, la vérification mécanique, puis les essais d'autonomie et de comportement du robot.

4. Matrice de conformité du produit

Cette matrice distingue les constats issus des fichiers et les essais encore à réaliser. Référence : RMS_CDC révision 5.0 ESE du 02/09/2026. La conformité fonctionnelle et mécanique finale dépend de la carte fabriquée et de son intégration dans le robot.

Exigence et page CDC	Constat sur le dossier ou le PCB	Statut
EXIG_CHASSIS_DIMENSIONS (p.7)	Le PCB mesure 72,008 × 85 mm ; les marges géométriques par rapport à 100 mm valent 27,992 et 15 mm. Elles ne représentent pas des jeux disponibles de chaque côté. Les roues, faisceaux et capteurs doivent être inclus dans le gabarit final. DDC §2.3.1 ; DDF §4.1.1.	PCB compatible ; robot complet non mesuré.
EXIG_MASSE (p.7)	La BoM sépare 53 composants de la carte, les modules et les accessoires. Une masse de PCB ne suffit pas : batterie, châssis, moteurs, roues, câbles et vis doivent être additionnés. Aucun résultat de pesée complète n'est disponible. DDC §2.3.2 ; DDF §4.1.2.	Non démontré ; pesée requise.
EXIG_INTEGRITE_MECA (p.7)	Les trous de la nouvelle carte ne constituent pas une autorisation de percer les plaques du châssis. Prévoir des supports et fixations réversibles utilisant les ouvertures existantes. Le fichier électronique ne décrit pas ces supports. DDC §2.3.3 ; DDF §4.1.3.	Inspection mécanique requise.
EXIG_INNOVATION_MECA (p.8)	Les supports de la tourelle et des capteurs sont à intégrer au décompte s'ils sont imprimés. Le calcul est la somme des durées de tous les plateaux nécessaires, avec supports et quantité réelle. Aucun fichier de tranchage validé n'est joint. DDC §2.3.4 ; DDF §4.1.4.	Non démontré ; données mécaniques attendues.
EXIG_FIXATION_CARTE (p.8)	Quatre points H1–H4 sont prévus. La condition de nombre est remplie : 4 ≥3. La longueur doit être choisie à partir des épaisseurs traversées et de l'engagement de filetage, sans supposer qu'une vis de 13 mm convient partout. DDC §2.3.5 ; DDF §4.1.5.	Nombre conforme ; longueur et montage à contrôler.
EXIG_AUTONOMIE (p.8)	Le budget idéal est I moyen ≤0,500 Ah/(65/60 h) = 0,4615 A batterie. Il faut encore retrancher la capacité inaccessible sous le seuil de coupure. Les pertes du buck, du LDO et des deux MOSFET sont détaillées dans les sections énergie ; les courants de blocage ne sont pas des courants moyens. DDC §2.3.6 ; DDF §4.1.6.	Calcul de budget présent ; autonomie non mesurée.
EXIG_SECUR_BATT (p.8)	Le pont 100k/33k donne 1,638 V à 6,6 V nominalement. Les tolérances donnent 1,613 à 1,662 V. Le logiciel arrête les moteurs ; Q7 coupe le retour servo. Cette mise en œuvre reprend le retour enseignant rapporté par l'équipe, mais reste à vérifier au banc. DDC §2.3.7 ; DDF §4.1.7.	Topologie présente ; seuil et arrêt non mesurés.
EXIG_PROT_INV_POL (p.8)	Q2 est le premier transistor après J101. Le câblage drain/source et la diode intrinsèque sont cohérents avec la protection de polarité. Les limites de tension et les pertes des Si2369DS sont calculées. La fuite du transistor seul ne prouve pas celle de tout le montage. DDC §2.3.8 ; DDF §4.1.8.	Dimensionnement en tension justifié ; essai inverse requis.

Exigence et page CDC	Constat sur le dossier ou le PCB	Statut
EXIG_INTER (p.9)	J2 commande la grille de Q1. R7 =100 kΩ conduit au plus environ 89 µA à 8,4 V et −5 % de tolérance. Les moteurs et les rails sont derrière Q1. La programmation peut toutefois alimenter +3V3 par J13 ; cet usage doit être exclu pendant le test arrêt. DDC §2.3.9 ; DDF §4.1.9.	Principe et calcul conformes ; essai requis.
EXIG_ADVERSAIRE (p.9)	Trois SEN0378 couvrent gauche, centre et droite. 250 mm est dans la plage annoncée 25–3000 mm. Le choix améliore la couverture mais ne garantit ni l'albédo de la cible ni le comportement de poursuite. DDC §2.3.10 ; DDF §4.1.10.	Capteurs compatibles sur fiche ; essai fonctionnel requis.
EXIG_LUMINOSITE (p.9)	Le filtre optique du CNY70 et la démodulation 38 kHz du TSOP motivent le choix. Les seuils du CNY dépendent de la hauteur et du sol ; les ToF dépendent de la lumière et de la cible. Aucun chiffre de fiche ne démontre l'immunité de l'ensemble monté. DDC §2.3.11 ; DDF §4.1.11.	Non démontré ; essais optiques requis.
EXIG_DEPART (p.9)	IR_START rejoint GPIO21. Le TSOP34438 travaille sous 3,3 V. Les impulsions transitoires possibles des commandes moteurs au reset imposent un contrôle réel ; une initialisation logicielle après le boot ne prouve pas l'immobilité avant celle-ci. DDC §2.3.12 ; DDF §4.1.12.	Réception prévue ; immobilité et décodage à tester.
EXIG_DEPLACEMENT (p.9)	Quatre CNY surveillent les deux extrémités de chaque côté. Les deux voies DRV8835 commandent la propulsion. Les courants et puissances calculés ne démontrent pas le freinage avant la limite ; délai de boucle et adhérence interviennent. DDC §2.3.13 ; DDF §4.1.13.	Chaîne matérielle prévue ; validation dynamique requise.
EXIG_COMPORTEMENT (p.10)	L'automate prévu donne priorité à la batterie, puis à la bordure, puis à la poursuite ; sans cible il recherche. Les choix GPIO actuels permettent l'acquisition et les actions. Les extraits de logiciel historiques sont des prototypes, pas une version finale qualifiée. DDC §2.3.14 ; DDF §4.1.14.	Architecture définie ; intégration logicielle non validée.
EXIG_CARTE (p.10)	La carte double face déclare FR4, 1,6 mm, cuivre 35 µm. U1 est soudé directement, sans DevKit. Les sections CDT justifient le N4, trois ToF, quatre CNY70, le Pololu 2135, U2 et U3 à partir des notices et des calculs. DDC §2.3.15 ; DDF §4.1.15.	Architecture conforme ; thermique et réception à qualifier.
EXIG_CARTE_VISU (p.10)	D2/R10 sont sur +5V ; D1/R1 est sur LED_LOW_BAT, GPIO15/pad8. Les deux LED sont 1206 avec 1 kΩ. Le calcul des courants et des pertes est donné dans CDT_PASSIFS ; la référence LED reste à choisir. DDC §2.3.16 ; DDF §4.1.16.	Présence et routage vérifiés ; lumière à tester.
EXIG_SCH_LISIBILITE (p.10)	La hiérarchie active comporte racine, microcontrolleur, alimentation et Capteurs. Le PDF vectoriel complet et les agrandissements sont régénérés depuis ces quatre feuilles. Les noms de nets et les tables correspondent au design courant. DDC §2.3.17 ; DDF §4.1.17.	ERC 0 ; contrôle visuel documentaire effectué.
EXIG_SCH_SYMBOLES (p.10)	Les composants usuels utilisent les bibliothèques KiCad. Le module complet Pololu et les symboles d'alimentation adaptés sont fournis dans les bibliothèques locales. Un symbole du DRV8835 nu ne représente pas le brochage de la carte 2135. DDC §2.3.18 ; DDF §4.1.18.	Exceptions identifiées ; acceptation des variantes à conserver.

Exigence et page CDC	Constat sur le dossier ou le PCB	Statut
EXIG_SCH_VALEURS (p.10)	Les valeurs, tensions et références actives sont reprises dans la nomenclature : Si2369DS, AP63200, LD1117 et les passifs. Certaines résistances ont une tolérance non renseignée ; plusieurs références commerciales de MLCC/LED restent à sélectionner. DDC §2.3.19 ; DDF §4.1.19.	Valeurs présentes ; qualification d'achat partielle.
EXIG_PCB_EMPREINTES (p.11)	Si2369 SOT-23, U2 TSOT-23-6, U3 SOT-223 tab pin2. Variantes locales : module Pololu, ESP32, MC32882, pastilles oblongues et Grove coudés. Les changements de pads demandés par l'enseignant sont documentés et inclus au lot. DDC §2.3.20 ; DDF §4.1.20.	Empreintes cohérentes ; réception physique requise.
EXIG_PCB_PISTES (p.11)	279 segments : 161 de 0,8 mm, 113 de 0,4 mm, 3 de 0,6 mm et 2 de 0,5 mm. Les liaisons principales de puissance sont à 0,8 mm ; les étranglements imposés par les pads demandent l'acceptation pédagogique. Pour 10 mm de cuivre 35 µm ×0,8 mm, R ≈6,16 mΩ à 20 °C ; à 3 A, chute ≈18,5 mV et perte ≈55 mW par 10 mm. DDC §2.3.21 ; DDF §4.1.21.	Minimum global respecté ; exception de sortie de pad et thermique à qualifier.
EXIG_PCB_VIAS (p.11)	Quatre vias autonomes Ø1,3/0,7 mm : trois GND et un ESP_EN. Le nombre hors masse vaut 1 ≤12. L'anneau radial vaut (1,3−0,7)/2 =0,30 mm. Quatre traversées de GND sont en plus intégrées au pad41 de U1. DDC §2.3.22 ; DDF §4.1.22.	Conforme en CAO.
EXIG_PCB_GND (p.11)	Des pistes GND et trois vias GND sont présents ; les régions de cuivre supérieur sont reliées par les broches traversantes et le dessous. Le contrôle ne détecte pas d'îlot déconnecté. Le fichier final ne prouve pas l'ordre historique de réalisation demandé. DDC §2.3.23 ; DDF §4.1.23.	Connectivité vérifiée ; méthode CDC à faire accepter.
EXIG_PCB_CMS (p.11)	La carte principale comporte 13 résistances et 12 condensateurs non polarisés en 1206. U2 et U3 sont CMS. Les trois condensateurs polarisés C4, C14, C15 sont traversants. Les huit résistances des CNY externes sont définies en 1206. DDC §2.3.24 ; DDF §4.1.24.	Conforme dans les fichiers.
EXIG_PCB_FIXATION (p.11)	Quatre trous NPTH de 3,2 mm conviennent au passage M3. Les centres sont définis dans FAB04. La demande de conserver le cuivre autour des trous ne démontre pas le dégagement des têtes ; il faut vérifier la tête et les pièces d'isolation réellement utilisées. DDC §2.3.25 ; DDF §4.1.25.	Nombre et diamètre conformes ; dégagements non clos.
EXIG_CODE_LANGAGE (p.11)	La cible prévue utilise C++/Arduino ou ESP-IDF. Les exemples présents dans le DDC sont historiques et ne constituent pas un binaire de production testé sur cette carte. DDC §2.3.26 ; DDF §4.1.26.	Choix compatible ; preuve du logiciel final absente.
EXIG_CODE_FONCTION (p.11)	Séparer acquisition, décision, commande et tests matériels. Le décompte doit porter sur chaque fonction du code de l'équipe, selon la convention retenue avec l'enseignant. Aucun décompte final n'a été produit. DDC §2.3.27 ; DDF §4.1.27.	Non évalué sur une révision finale.

Exigence et page CDC	Constat sur le dossier ou le PCB	Statut
EXIG_CODE_IMBRICATION (p.11)	Prévoir des retours précoces et un automate explicite plutôt que des conditions imbriquées. Les bibliothèques capteurs sont à distinguer du code écrit par l'équipe. DDC §2.3.28 ; DDF §4.1.28.	Non évalué sur une révision finale.
EXIG_CODE_VARIABLE (p.12)	Le statut robot, les mesures et les commandes doivent appartenir à des objets ou paramètres explicitement transmis. Les variables partagées avec une interruption nécessitent une synchronisation adaptée. DDC §2.3.29 ; DDF §4.1.29.	Non évalué sur une révision finale.
EXIG_CODE_TEST (p.12)	Prévoir tests de rails/ADC, D1, BOOT/EN/UART, chaque CNY, chaque ToF et XSHUT, IMU/INT, IR, chaque moteur et servo/Q7. Les fiches de mise sous tension du DDF définissent les observations attendues. DDC §2.3.30 ; DDF §4.1.30.	Plan défini ; fonctions et résultats à fournir.
EXIG_DELAI (p.12)	L'analyse électronique et les exports ne prouvent pas le temps cumulé de l'équipe. Le suivi doit inclure conception, fabrication, essais, documentation et préparation de la démonstration. DDC §2.3.31 ; DDF §4.1.31.	Planification non vérifiée.
EXIG_COUT (p.12)	La BoM actuelle comprend 42 lignes et 53 composants sur la carte, plus les ensembles externes et accessoires. Les prix n'étant pas tous fournis, aucun total valide ne peut être annoncé. Le stock n'est pas implicitement gratuit. DDC §2.3.32 ; DDF §4.1.32.	Nomenclature quantitative complète pour la carte ; coût non démontré.
EXIG_FOURNISSEUR (p.12)	Les références RS/Farnell du schéma sont conservées comme pistes d'approvisionnement. Les composants locaux ou Seeed doivent être reliés au stock ou à une commande autorisée. La disponibilité n'est pas déduite d'une ancienne consultation. DDC §2.3.33 ; DDF §4.1.33.	Approvisionnement à confirmer.
EXIG_DRIVE (p.13)	Le DDC existant est identifié par 1uyjpMnnjcg4gh7J8FKN63oWMGdRSHTtD. Les droits effectifs des destinataires et le dépôt de l'ensemble du lot client doivent être contrôlés, indépendamment de l'existence du fichier local. DDC §2.3.34 ; DDF §4.1.34.	Partage global à vérifier.
EXIG_FORMAT_DOC (p.13)	Le DDC et le DDF sont fournis en PDF avec leur source DOCX. Les typons, schémas et plans ont leurs PDF dédiés. Le DDV complet ne fait pas partie de cette mise à jour ; ses résultats matériels restent à produire. DDC §2.3.35 ; DDF §4.1.35.	DDC/DDF disponibles ; DDV à compléter.
EXIG_NOM_DOC (p.13)	Les identifiants fournis par l'équipe sont groupe 13 et équipe 13. Les livrables portent 13_DDC_EQ13_V1 et 13_DDF_EQ13_V1, en DOCX et PDF. La date de révision interne est le 15/10/2026. DDC §2.3.36 ; DDF §4.1.36.	Conforme aux identifiants fournis.

Cette revue couvre les 36 exigences du CDC. Les critères logiciels, de coût et de comportement sont identifiés mais ne peuvent être validés à partir du seul PCB.

4.1. Fiches de conformité par exigence

4.1.1 EXIG_CHASSIS_DIMENSIONS

Référence : FAB_EXIG_01 — CDC p. 7

Critère à satisfaire : Largeur et longueur du robot complet strictement inférieures à 100 mm.

Solution et justification : Le PCB mesure 72,008 × 85 mm ; les marges géométriques par rapport à 100 mm valent 27,992 et 15 mm. Elles ne représentent pas des jeux disponibles de chaque côté. Les roues, faisceaux et capteurs doivent être inclus dans le gabarit final.

Éléments de preuve : CAO mécanique et FAB04/FAB05 ; DDC §2.3.1.

Vérification : Mesurer les deux dimensions extrêmes du robot monté, batterie et capteurs compris, avec un gabarit 100 × 100 mm.

Statut : PCB compatible ; robot complet non mesuré.

4.1.2 EXIG_MASSE

Référence : FAB_EXIG_02 — CDC p. 7

Critère à satisfaire : Masse totale strictement inférieure à 500 g.

Solution et justification : La BoM sépare 53 composants de la carte, les modules et les accessoires. Une masse de PCB ne suffit pas : batterie, châssis, moteurs, roues, câbles et vis doivent être additionnés. Aucun résultat de pesée complète n’est disponible.

Éléments de preuve : BoM FAB02 ; DDC §2.3.2.

Vérification : Peser le robot prêt au combat sur une balance tarée. Calculer marge = 500 g − masse mesurée et archiver la photo de mesure.

Statut : Non démontré ; pesée requise.

4.1.3 EXIG_INTEGRITE_MECA

Référence : FAB_EXIG_03 — CDC p. 7

Critère à satisfaire : Conserver intactes les pièces de la base fournie.

Solution et justification : Les trous de la nouvelle carte ne constituent pas une autorisation de percer les plaques du châssis. Prévoir des supports et fixations réversibles utilisant les ouvertures existantes. Le fichier électronique ne décrit pas ces supports.

Éléments de preuve : FAB04 et intégration mécanique ; DDC §2.3.3.

Vérification : Comparer les pièces avant et après montage ; relever toute découpe, perçage ou modification.

Statut : Inspection mécanique requise.

4.1.4 EXIG_INNOVATION_MECA

Référence : FAB_EXIG_04 — CDC p. 8

Critère à satisfaire : Temps total des impressions additionnelles ≤3 h sur P1S avec buse 0,4 mm, supports compris.

Solution et justification : Les supports de la tourelle et des capteurs sont à intégrer au décompte s’ils sont imprimés. Le calcul est la somme des durées de tous les plateaux nécessaires, avec supports et quantité réelle. Aucun fichier de tranchage validé n’est joint.

Éléments de preuve : Fabrication mécanique ; DDC §2.3.4.

Vérification : Archiver les projets de tranchage P1S, les paramètres et la somme des durées ≤180 min.

Statut : Non démontré ; données mécaniques attendues.

4.1.5 EXIG_FIXATION_CARTE

Référence : FAB_EXIG_05 — CDC p. 8

Critère à satisfaire : Au moins trois vis de fixation et longueur de chacune ≤13 mm.

Solution et justification : Quatre points H1–H4 sont prévus. La condition de nombre est remplie : 4 ≥3. La longueur doit être choisie à partir des épaisseurs traversées et de l'engagement de filetage, sans supposer qu'une vis de 13 mm convient partout.

Éléments de preuve : FAB04/FAB05 ; DDC §2.3.5.

Vérification : Monter la carte sur le châssis et vérifier nombre, longueur, accès et tenue des vis.

Statut : Nombre conforme ; longueur et montage à contrôler.

4.1.6 EXIG_AUTONOMIE

Référence : FAB_EXIG_06 — CDC p. 8

Critère à satisfaire : LiPo 2S 500 mAh : 15 min de combat, validées par 65 min de déplacement continu sans obstacle.

Solution et justification : Le budget idéal est I moyen ≤0,500 Ah/(65/60 h) = 0,4615 A batterie. Il faut encore retrancher la capacité inaccessible sous le seuil de coupure. Les pertes du buck, du LDO et des deux MOSFET sont détaillées dans les sections énergie ; les courants de blocage ne sont pas des courants moyens.

Éléments de preuve : CDT_ENERGIE_5V, CDT_ENERGIE_3V3, CDT_PROTECTION ; DDC §2.3.6.

Vérification : Enregistrer tension et courant batterie pendant 65 min avec le programme final. L'intégrale ∫I dt doit rester dans la capacité utile. Réaliser ensuite l'essai de déplacement prescrit.

Statut : Calcul de budget présent ; autonomie non mesurée.

4.1.7 EXIG_SECUR_BATT

Référence : FAB_EXIG_07 — CDC p. 8

Critère à satisfaire : Sous 6,6 V : arrêt de la puissance et LED clignotante.

Solution et justification : Le pont 100k/33k donne 1,638 V à 6,6 V nominalement. Les tolérances donnent 1,613 à 1,662 V. Le logiciel arrête les moteurs ; Q7 coupe le retour servo. Cette mise en œuvre reprend le retour enseignant rapporté par l'équipe, mais reste à vérifier au banc.

Éléments de preuve : CDT_BATTERIE_ADC, CDT_ACTION ; DDC §2.3.7.

Vérification : Rampe descendante sous charge ; mesurer au connecteur batterie et observer PWM moteurs, ACT_ENABLE, courant servo et clignotement. Vérifier les erreurs ADC et le rebond.

Statut : Topologie présente ; seuil et arrêt non mesurés.

4.1.8 EXIG_PROT_INV_POL

Référence : FAB_EXIG_08 — CDC p. 8

Critère à satisfaire : Protection immédiatement après le connecteur ; consommation inverse <1 mA.

Solution et justification : Q2 est le premier transistor après J101. Le câblage drain/source et la diode intrinsèque sont cohérents avec la protection de polarité. Les limites de tension et les pertes des Si2369DS sont calculées. La fuite du transistor seul ne prouve pas celle de tout le montage.

Éléments de preuve : CDT_PROTECTION ; DDC §2.3.8.

Vérification : Sur alimentation limitée, tester −8,4 V sans source auxiliaire ; relever courant et tensions des rails, puis rétablir la polarité normale.

Statut : Dimensionnement en tension justifié ; essai inverse requis.

4.1.9 EXIG_INTER

Référence : FAB_EXIG_09 — CDC p. 9

Critère à satisfaire : Le basculeur pilote toute l'alimentation sans véhiculer le courant de puissance.

Solution et justification : J2 commande la grille de Q1. R7 =100 kΩ conduit au plus environ 89 µA à 8,4 V et −5 % de tolérance. Les moteurs et les rails sont derrière Q1. La programmation peut toutefois alimenter +3V3 par J13 ; cet usage doit être exclu pendant le test arrêt.

Éléments de preuve : CDT_PROTECTION, CDT_TRAITEMENT ; DDC §2.3.9.

Vérification : Comparer rails et courant batterie avec J2 ouvert/fermé, sans câble VCC du programmateur. Vérifier le retour hors tension.

Statut : Principe et calcul conformes ; essai requis.

4.1.10 EXIG_ADVERSAIRE

Référence : FAB_EXIG_10 — CDC p. 9

Critère à satisfaire : Détecter un adversaire de face à au moins 25 cm et foncer vers lui.

Solution et justification : Trois SEN0378 couvrent gauche, centre et droite. 250 mm est dans la plage annoncée 25–3000 mm. Le choix améliore la couverture mais ne garantit ni l'albédo de la cible ni le comportement de poursuite.

Éléments de preuve : CDT_ACQUISITION ; DDC §2.3.10.

Vérification : Tester l'adversaire réel à 250 mm et au-delà, centré puis décalé ; journaliser distances et décisions et constater l'approche.

Statut : Capteurs compatibles sur fiche ; essai fonctionnel requis.

4.1.11 EXIG_LUMINOSITE

Référence : FAB_EXIG_11 — CDC p. 9

Critère à satisfaire : Fonctionner sous éclairage élevé et flashs.

Solution et justification : Le filtre optique du CNY70 et la démodulation 38 kHz du TSOP motivent le choix. Les seuils du CNY dépendent de la hauteur et du sol ; les ToF dépendent de la lumière et de la cible. Aucun chiffre de fiche ne démontre l'immunité de l'ensemble monté.

Éléments de preuve : CDT_SOL, CDT_ACQUISITION ; DDC §2.3.11.

Vérification : Répéter noir/blanc, cible à 25 cm et ordre IRC01 sous lumière forte et flashs. Quantifier faux départs, pertes de cible et erreurs de bordure.

Statut : Non démontré ; essais optiques requis.

4.1.12 EXIG_DEPART

Référence : FAB_EXIG_12 — CDC p. 9

Critère à satisfaire : Robot immobile avant l'ordre IRC01, départ fiable même sous les émissions des capteurs adverses.

Solution et justification : IR_START rejoint GPIO21. Le TSOP34438 travaille sous 3,3 V. Les impulsions transitoires possibles des commandes moteurs au reset imposent un contrôle réel ; une

initialisation logicielle après le boot ne prouve pas l'immobilité avant celle-ci.

Éléments de preuve : CDT_ACQUISITION, CDT_TRAITEMENT ; DDC §2.3.12.

Vérification : Observer les roues et les ENABLE pendant mise sous tension, reset et flash. Vérifier une touche IRC01 valide, les répétitions et une télécommande perturbée par les ToF adverses.

Statut : Réception prévue ; immobilité et décodage à tester.

4.1.13 EXIG_DEPLACEMENT

Référence : FAB_EXIG_13 — CDC p. 9

Critère à satisfaire : Parcourir la majorité du dohyo sans sortir spontanément en l'absence d'adversaire.

Solution et justification : Quatre CNY surveillent les deux extrémités de chaque côté. Les deux voies DRV8835 commandent la propulsion. Les courants et puissances calculés ne démontrent pas le freinage avant la limite ; délai de boucle et adhérence interviennent.

Éléments de preuve : CDT_SOL, CDT_ACTION ; DDC §2.3.13.

Vérification : Tester les quatre approches de bordure à la vitesse maximale prévue, puis un parcours prolongé sans adversaire. Relever délai et distance d'arrêt.

Statut : Chaîne matérielle prévue ; validation dynamique requise.

4.1.14 EXIG_COMPORTEMENT

Référence : FAB_EXIG_14 — CDC p. 10

Critère à satisfaire : Changer de direction de façon autonome après le départ.

Solution et justification : L'automate prévu donne priorité à la batterie, puis à la bordure, puis à la poursuite ; sans cible il recherche. Les choix GPIO actuels permettent l'acquisition et les actions. Les extraits de logiciel historiques sont des prototypes, pas une version finale qualifiée.

Éléments de preuve : CDT_TRAITEMENT, CDT_ACTION ; DDC §2.3.14.

Vérification : Rejouer les transitions départ, cible, perte de cible, bordure et batterie faible ; conserver les traces et vidéos du robot.

Statut : Architecture définie ; intégration logicielle non validée.

4.1.15 EXIG_CARTE

Référence : FAB_EXIG_15 — CDC p. 10

Critère à satisfaire : PCB FR4 avec microcontrôleur implanté ; justifier MCU, capteurs, pont en H et régulation.

Solution et justification : La carte double face déclare FR4, 1,6 mm, cuivre 35 µm. U1 est soudé directement, sans DevKit. Les sections CDT justifient le N4, trois ToF, quatre CNY70, le Pololu 2135, U2 et U3 à partir des notices et des calculs.

Éléments de preuve : CDT_ENERGIE_5V, CDT_ENERGIE_3V3, CDT_TRAITEMENT ; DDC §2.3.15.

Vérification : Contrôler le bon de fabrication, les références reçues et les fonctions sous charge. Le choix thermique de U3 reste à confirmer par mesure.

Statut : Architecture conforme ; thermique et réception à qualifier.

4.1.16 EXIG_CARTE_VISU

Référence : FAB_EXIG_16 — CDC p. 10

Critère à satisfaire : Une LED d'alimentation et une LED pilotée par le microcontrôleur.

Solution et justification : D2/R10 sont sur +5V ; D1/R1 est sur LED_LOW_BAT, GPIO15/pad8. Les deux LED sont 1206 avec 1 kΩ. Le calcul des courants et des pertes est donné dans CDT_PASSIFS ; la référence LED reste à choisir.

Éléments de preuve : CDT_PASSIFS ; DDC §2.3.16.

Vérification : Vérifier l'allumage de D2, puis allumer et faire clignoter D1 par le programme de test.

Statut : Présence et routage vérifiés ; lumière à tester.

4.1.17 EXIG_SCH_LISIBILITE

Référence : FAB_EXIG_17 — CDC p. 10

Critère à satisfaire : Schéma KiCad lisible, labels et limitation des longs fils croisés.

Solution et justification : La hiérarchie active comporte racine, microcontrolleur, alimentation et Capteurs. Le PDF vectoriel complet et les agrandissements sont régénérés depuis ces quatre feuilles. Les noms de nets et les tables correspondent au design courant.

Éléments de preuve : FAB01 et SIM_CAO ; DDC §2.3.17.

Vérification : Relire les quatre feuilles à taille lisible ; comparer les numéros des pins au tableau MCU et contrôler ERC.

Statut : ERC 0 ; contrôle visuel documentaire effectué.

4.1.18 EXIG_SCH_SYMBOLES

Référence : FAB_EXIG_18 — CDC p. 10

Critère à satisfaire : Symboles par défaut ; tiers uniquement en l'absence d'alternative.

Solution et justification : Les composants usuels utilisent les bibliothèques KiCad. Le module complet Pololu et les symboles d'alimentation adaptés sont fournis dans les bibliothèques locales. Un symbole du DRV8835 nu ne représente pas le brochage de la carte 2135.

Éléments de preuve : FAB01 et CAO ; DDC §2.3.18.

Vérification : Vérifier chaque identifiant de bibliothèque et la nécessité des symboles locaux ; comparer leurs pins avec le module réel.

Statut : Exceptions identifiées ; acceptation des variantes à conserver.

4.1.19 EXIG_SCH_VALEURS

Référence : FAB_EXIG_19 — CDC p. 10

Critère à satisfaire : Valeurs des composants indiquées sur le schéma.

Solution et justification : Les valeurs, tensions et références actives sont reprises dans la nomenclature : Si2369DS, AP63200, LD1117 et les passifs. Certaines résistances ont une tolérance non renseignée ; plusieurs références commerciales de MLCC/LED restent à sélectionner.

Éléments de preuve : FAB02 et CDT_PASSIFS ; DDC §2.3.19.

Vérification : Comparer symbole, netlist et BoM ; compléter les références commerciales et tolérances avant approvisionnement.

Statut : Valeurs présentes ; qualification d'achat partielle.

4.1.20 EXIG_PCB_EMPREINTES

Référence : FAB_EXIG_20 — CDC p. 11

Critère à satisfaire : Empreintes par défaut ; variantes seulement si nécessaire.

Solution et justification : Si2369 SOT-23, U2 TSOT-23-6, U3 SOT-223 tab pin2. Variantes locales :

module Pololu, ESP32, MC32882, pastilles oblongues et Grove coudés. Les changements de pads demandés par l'enseignant sont documentés et inclus au lot.

Éléments de preuve : FAB02/FAB05 et CDT_PASSIFS ; DDC §2.3.20.

Vérification : Comparer les plans dimensionnels aux références reçues, imprimer à 1:1 et poser les composants ; vérifier pin1 et détrompage.

Statut : Empreintes cohérentes ; réception physique requise.

4.1.21 EXIG_PCB_PISTES

Référence : FAB_EXIG_21 — CDC p. 11

Critère à satisfaire : Puissance ≥0,8 mm ; autres pistes ≥0,4 mm ; dimensionnement selon courant et longueur.

Solution et justification : 279 segments : 161 de 0,8 mm, 113 de 0,4 mm, 3 de 0,6 mm et 2 de 0,5 mm. Les liaisons principales de puissance sont à 0,8 mm ; les étranglements imposés par les pads demandent l'acceptation pédagogique. Pour 10 mm de cuivre 35 µm ×0,8 mm, R ≈6,16 mΩ à 20 °C ; à 3 A, chute ≈18,5 mV et perte ≈55 mW par 10 mm.

Éléments de preuve : SIM_CAO et FAB03 ; DDC §2.3.21.

Vérification : Contrôler largeur par net, longueurs, contacts et température sous courant réel. Les valeurs électriques indicatives ne sont pas un modèle thermique de la carte.

Statut : Minimum global respecté ; exception de sortie de pad et thermique à qualifier.

4.1.22 EXIG_PCB_VIAS

Référence : FAB_EXIG_22 — CDC p. 11

Critère à satisfaire : Ø1,3/0,7 mm ou Ø1,8/0,9 mm ; au plus 12 vias hors masse.

Solution et justification : Quatre vias autonomes Ø1,3/0,7 mm : trois GND et un ESP_EN. Le nombre hors masse vaut 1 ≤12. L'anneau radial vaut (1,3−0,7)/2 =0,30 mm. Quatre traversées de GND sont en plus intégrées au pad41 de U1.

Éléments de preuve : FAB04 et SIM_CAO ; DDC §2.3.22.

Vérification : Vérifier le fichier de perçage et la métallisation. En fabrication atelier sans PTH, faire qualifier les liaisons entre faces avant montage.

Statut : Conforme en CAO.

4.1.23 EXIG_PCB_GND

Référence : FAB_EXIG_23 — CDC p. 11

Critère à satisfaire : Router les masses manuellement avant création du plan de masse.

Solution et justification : Des pistes GND et trois vias GND sont présents ; les régions de cuivre supérieur sont reliées par les broches traversantes et le dessous. Le contrôle ne détecte pas d'îlot déconnecté. Le fichier final ne prouve pas l'ordre historique de réalisation demandé.

Éléments de preuve : FAB03 et SIM_CAO ; DDC §2.3.23.

Vérification : Contrôler la continuité puis présenter la méthode de routage à l'enseignant. L'équipe souhaite conserver le plan existant ; une dérogation pédagogique ne doit pas être supposée acquise.

Statut : Connectivité vérifiée ; méthode CDC à faire accepter.

4.1.24 EXIG_PCB_CMS

Référence : FAB_EXIG_24 — CDC p. 11

Critère à satisfaire : Résistances et condensateurs non polarisés en 1206 ; régulateur en CMS.

Solution et justification : La carte principale comporte 13 résistances et 12 condensateurs non polarisés en 1206. U2 et U3 sont CMS. Les trois condensateurs polarisés C4, C14, C15 sont traversants. Les huit résistances des CNY externes sont définies en 1206.

Éléments de preuve : FAB02/FAB05 ; DDC §2.3.24.

Vérification : Contrôler la BoM et les empreintes avant commande, puis les références effectivement livrées.

Statut : Conforme dans les fichiers.

4.1.25 EXIG_PCB_FIXATION

Référence : FAB_EXIG_25 — CDC p. 11

Critère à satisfaire : Au moins trois trous pour vis M3 ; aucune piste ni composant sous les têtes.

Solution et justification : Quatre trous NPTH de 3,2 mm conviennent au passage M3. Les centres sont définis dans FAB04. La demande de conserver le cuivre autour des trous ne démontre pas le dégagement des têtes ; il faut vérifier la tête et les pièces d'isolation réellement utilisées.

Éléments de preuve : FAB04/FAB05 ; DDC §2.3.25.

Vérification : Superposer le diamètre réel des têtes au plan et contrôler les composants et pistes sur les deux faces, puis réaliser un montage à blanc.

Statut : Nombre et diamètre conformes ; dégagements non clos.

4.1.26 EXIG_CODE_LANGAGE

Référence : FAB_EXIG_26 — CDC p. 11

Critère à satisfaire : C, C++, Arduino ou MicroPython.

Solution et justification : La cible prévue utilise C++/Arduino ou ESP-IDF. Les exemples présents dans le DDC sont historiques et ne constituent pas un binaire de production testé sur cette carte.

Éléments de preuve : CDT_TRAITEMENT ; DDC §2.3.26.

Vérification : Identifier la révision du logiciel final et son environnement ; compiler et enregistrer le journal de build.

Statut : Choix compatible ; preuve du logiciel final absente.

4.1.27 EXIG_CODE_FONCTION

Référence : FAB_EXIG_27 — CDC p. 11

Critère à satisfaire : Chaque fonction comporte au plus 60 lignes, correctement indentées.

Solution et justification : Séparer acquisition, décision, commande et tests matériels. Le décompte doit porter sur chaque fonction du code de l'équipe, selon la convention retenue avec l'enseignant. Aucun décompte final n'a été produit.

Éléments de preuve : Revue logiciel ; DDC §2.3.27.

Vérification : Analyser toutes les fonctions du dépôt final et joindre les lignes début/fin ainsi que les éventuels écarts.

Statut : Non évalué sur une révision finale.

4.1.28 EXIG_CODE_IMBRICATION

Référence : FAB_EXIG_28 — CDC p. 11

Critère à satisfaire : Au plus trois niveaux d'imbrication, hors bibliothèques tierces.

Solution et justification : Prévoir des retours précoces et un automate explicite plutôt que des conditions imbriquées. Les bibliothèques capteurs sont à distinguer du code écrit par l'équipe.

Éléments de preuve : Revue logiciel ; DDC §2.3.28.

Vérification : Mesurer la profondeur par fonction et inspecter les cas limites de l'automate.

Statut : Non évalué sur une révision finale.

4.1.29 EXIG_CODE_VARIABLE

Référence : FAB_EXIG_29 — CDC p. 12

Critère à satisfaire : Noms représentatifs ; globales réservées aux interruptions.

Solution et justification : Le statut robot, les mesures et les commandes doivent appartenir à des objets ou paramètres explicitement transmis. Les variables partagées avec une interruption nécessitent une synchronisation adaptée.

Éléments de preuve : Revue logiciel ; DDC §2.3.29.

Vérification : Rechercher les définitions globales et justifier chaque exception liée aux interruptions ; vérifier les noms et l'accès concurrent.

Statut : Non évalué sur une révision finale.

4.1.30 EXIG_CODE_TEST

Référence : FAB_EXIG_30 — CDC p. 12

Critère à satisfaire : Une fonction de test indépendante pour chaque unité matérielle.

Solution et justification : Prévoir tests de rails/ADC, D1, BOOT/EN/UART, chaque CNY, chaque ToF et XSHUT, IMU/INT, IR, chaque moteur et servo/Q7. Les fiches de mise sous tension du DDF définissent les observations attendues.

Éléments de preuve : SIM_ALIMENTATION et FAB processus ; DDC §2.3.30.

Vérification : Exécuter séparément les fonctions sur la carte assemblée, puis les tests d'interactions et de sécurité ; archiver résultats et révision.

Statut : Plan défini ; fonctions et résultats à fournir.

4.1.31 EXIG_DELAI

Référence : FAB_EXIG_31 — CDC p. 12

Critère à satisfaire : Projet complet dans 84 h, planification et suivi à chaque séance.

Solution et justification : L'analyse électronique et les exports ne prouvent pas le temps cumulé de l'équipe. Le suivi doit inclure conception, fabrication, essais, documentation et préparation de la démonstration.

Éléments de preuve : Suivi de projet ; DDC §2.3.31.

Vérification : Additionner les temps affectés selon la convention du projet et rapprocher prévision et réalisation par séance.

Statut : Planification non vérifiée.

4.1.32 EXIG_COUT

Référence : FAB_EXIG_32 — CDC p. 12

Critère à satisfaire : Coût mécanique et électronique d'un prototype <120 € HT ; BoM chiffrée.

Solution et justification : La BoM actuelle comprend 42 lignes et 53 composants sur la carte, plus les ensembles externes et accessoires. Les prix n'étant pas tous fournis, aucun total valide ne peut être annoncé. Le stock n'est pas implicitement gratuit.

Éléments de preuve : FAB02 ; DDC §2.3.32.

Vérification : Renseigner prix HT, quantités et coûts mécaniques ; totaliser Σ(qté × prix unitaire), sans doubler les composants inclus dans les modules.

Statut : Nomenclature quantitative complète pour la carte ; coût non démontré.

4.1.33 EXIG_FOURNISSEUR

Référence : FAB_EXIG_33 — CDC p. 12

Critère à satisfaire : Priorité liste préférentielle, puis stock département, puis fournisseurs autorisés.

Solution et justification : Les références RS/Farnell du schéma sont conservées comme pistes d'approvisionnement. Les composants locaux ou Seeed doivent être reliés au stock ou à une commande autorisée. La disponibilité n'est pas déduite d'une ancienne consultation.

Éléments de preuve : FAB02 ; DDC §2.3.33.

Vérification : Faire confirmer par le service support les références, les quantités, les boîtiers et la provenance avant achat.

Statut : Approvisionnement à confirmer.

4.1.34 EXIG_DRIVE

Référence : FAB_EXIG_34 — CDC p. 13

Critère à satisfaire : Dossier Drive partagé avec équipe et enseignants, lien transmis.

Solution et justification : Le DDC existant est identifié par 1uyjpMnnjcg4gh7J8FKN63oWMGdRSHTtD. Les droits effectifs des destinataires et le dépôt de l'ensemble du lot client doivent être contrôlés, indépendamment de l'existence du fichier local.

Éléments de preuve : Gestion documentaire ; DDC §2.3.34.

Vérification : Ouvrir les documents avec un compte destinataire ; vérifier lien, versions et droits de lecture.

Statut : Partage global à vérifier.

4.1.35 EXIG_FORMAT_DOC

Référence : FAB_EXIG_35 — CDC p. 13

Critère à satisfaire : DDC, DDF et DDV livrés en PDF ; séparation client et travail.

Solution et justification : Le DDC et le DDF sont fournis en PDF avec leur source DOCX. Les typons, schémas et plans ont leurs PDF dédiés. Le DDV complet ne fait pas partie de cette mise à jour ; ses résultats matériels restent à produire.

Éléments de preuve : Lot documentaire ; DDC §2.3.35.

Vérification : Ouvrir les PDF, vérifier pages, figures, polices, échelles et liens. Déposer les versions PDF dans le dossier client.

Statut : DDC/DDF disponibles ; DDV à compléter.

4.1.36 EXIG_NOM_DOC

Référence : FAB_EXIG_36 — CDC p. 13

Critère à satisfaire : Format groupe_acronyme_EQéquipe_Vversion.

Solution et justification : Les identifiants fournis par l'équipe sont groupe 13 et équipe 13. Les livrables portent 13_DDC_EQ13_V1 et 13_DDF_EQ13_V1, en DOCX et PDF. La date de révision interne est le 15/10/2026.

Éléments de preuve : Couverture et révisions ; DDC §2.3.36.

Vérification : Vérifier les noms des livrables déposés et leur indice dans les tableaux de révision.

Statut : Conforme aux identifiants fournis.

Revue du dernier routage

Sources : PCB sauvegardé le 15 octobre 2026 et quatre feuilles actives. Les composants, GPIO, boutons MC32882 et nouvelles connexions sont présents dans les exports. Les sources ne sont pas modifiées par la génération documentaire.

PCB : 279 segments (161 ×0,8 mm ; 113 ×0,4 mm ; 3 ×0,6 mm ; 2 ×0,5 mm), quatre vias Ø1,3/0,7 mm dont trois GND. Quatre traversées supplémentaires sont intégrées à U1. Total : 80 perçages.

Contrôles du 15/10/2026 : ERC 0 violation ; DRC 0 connexion manquante, quatre erreurs résiduelles, 224 avertissements de sérigraphie et 14 écarts de parité. Ces derniers sont les 13 références intentionnellement externes et le logo cuivre ajouté.

Élément	Constat KiCad	Portée du constat
C7, pad 1	Cuivre à 0,480 mm du contour ; minimum configuré 0,500 mm.	Écart de 0,020 mm à corriger ou à faire accepter.
SW2, pad 1	ESP_EN à 0,4825 mm du contour ; minimum 0,500 mm.	Exception de bord maintenue par équipe.
Q2, pad 1	Connexion thermique GND sur F.Cu : 1 branche au lieu de 2.	Grille reliée par piste GND directe de 0,8 mm ; aucune connexion manquante.
SW2, pad 2	GND à 0,4825 mm du contour ; minimum 0,500 mm.	Exception de bord maintenue par équipe.

Les 224 avertissements de sérigraphie comprennent 199 superpositions au cuivre et 25 chevauchements. Cette couche ne sera pas fabriquée. Les fichiers F.Silkscreen et B.Silkscreen sont exclus des Gerber de production.

Les plans GND des deux faces sont reliés notamment par les broches traversantes de masse des connecteurs, ainsi que par trois vias GND et le pad central de U1. Vingt segments GND sont également présents. Le DRC ne signale ni îlot GND isolé ni connexion GND manquante. Une séparation visible sur une face ne constitue donc pas, à elle seule, une masse flottante.

Le CDC demande un routage manuel de masse préalable aux plans. L’état final permet de constater des pistes et vias GND, mais pas l’ordre de réalisation ni le dimensionnement complet des chemins de retour. La continuité électrique et la qualité des retours rapides sont deux validations distinctes ; l’acceptation de la méthode reste à discuter avec l’enseignant.

Les points de contrôle matériel concernent notamment l’échauffement des deux Si2369DS sous le courant batterie cumulé, la dissipation et la stabilité du LD1117, les transitoires moteurs/servo et la liaison entre faces si le circuit est produit sans métallisation industrielle. Aucune valeur de température ou de tenue en courant n’est présentée comme mesurée.

C12 est entre +3V3 et GND, en parallèle avec C4. C13, R24 et JP1 sont absents des sources actives. Le détail des passifs et du régulateur est donné dans les justifications FAB02.

Traçabilité : empreintes SHA-256 des sources dans controle/sources.json. Toute modification ultérieure du schéma, du routage, du remplissage ou des empreintes nécessite une nouvelle génération du lot.