Les essais ESD sur les hélicoptères et les avions

Bertrand Daout

Directeur technique

Avril 2013

montena technology
Route de Montena 89 ▪ 1728 Rossens ▪ Switzerland ▪ Phone +41 26 411 84 84 ▪ Fax +41 26 411 17 79
products@montena.com ▪ www.montena.com

montena

Résumé

- Principe de la charge électrostatique et de la décharge
- Exemples
- Normalisation
- Les essais
- P-static (effet des précipitations)

Processus de charge et décharge

Processus de charge

- Charge triboélectrique par la friction du rotor (hélicoptères) ou des ailes (avions)
- Emission ionique du moteur (turbine)
- Influence du champ atmosphérique (→ 100 kV/m)
- Décharge directe de la foudre
- Impact de la neige ou de la pluie
- Personnel chargé.

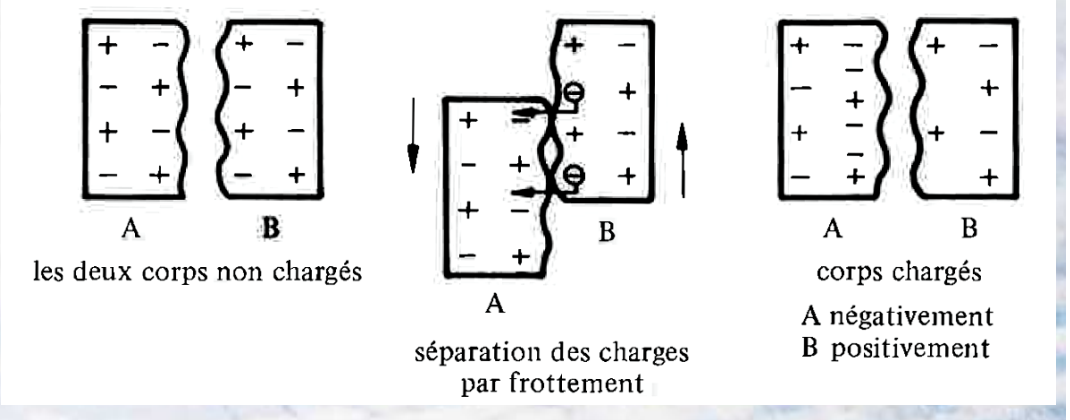
Processus de charge

Processus triboélectrique si:

- Deux matières différentes en frottement
- L'une au moins est isolante
- Matières éloignées dans la liste triboélectrique
- Différence de permittivité
- Travail d'extraction faible

Processus de charge - liste triboélectrique

Aptitude à se charger positivement (+)
Verre
Quartz
Fibres textiles de polyamide (Nylon, Rilsan, etc...)
Aluminium
Papier
Coton
Acier, Inox
0
Bois
Plexiglass
Polystyrène
Caoutchouc dur
Nickel, Cuivre
Fibre d'acétate (rayonne)
Caoutchouc synthétique
Fibres de Polyester (Tergal, Dacron, etc...)
Styrène (Styrofoam)
Films plastique étirables
Polyéthylène (PE) (ruban de scotch)
Polypropylène
Dacron (polyéthylène téréphtalate)
Polychlorure de vinyl (PVC)
Téflon
Aptitude à se charger négativement (-)

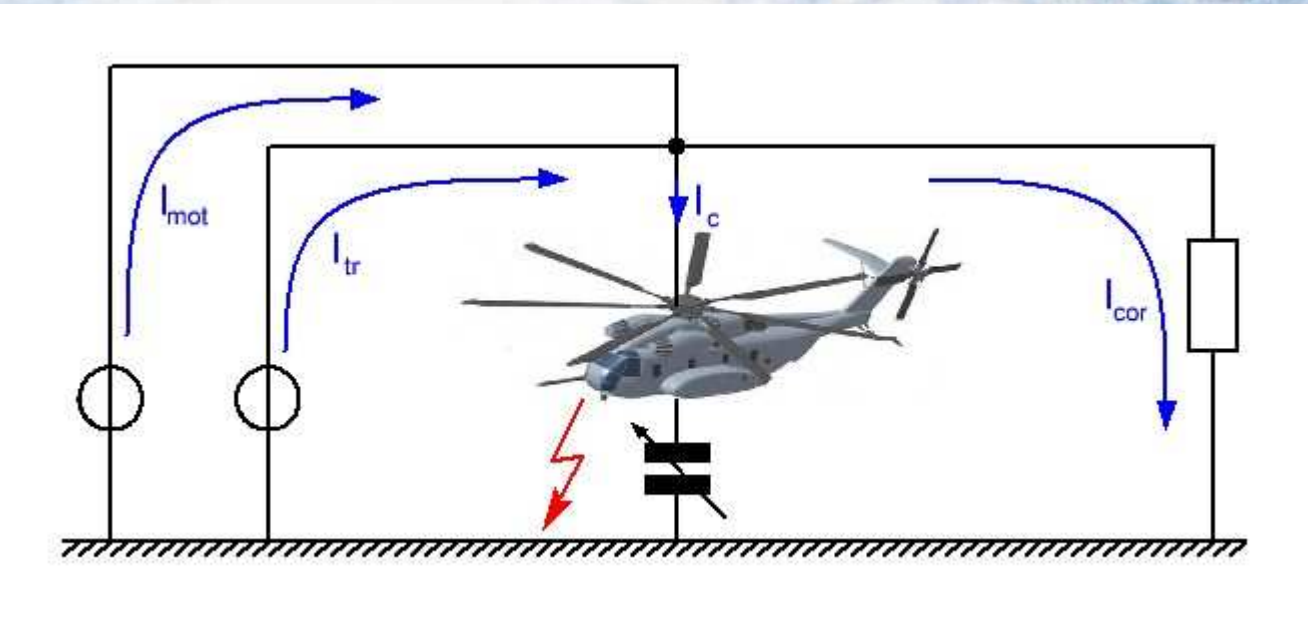


Processus de charge - travail d'extraction

Tableau 13.1 Travail d'extraction et constante diélectrique de quelques polymères (d'après Van Krevelen [1990]).

Polymère	Travail d'extraction [eV]	ε'
poly(tétrafluoroéthylène)	5,75	2,1
poly(chlorure de vinyle)	5,13	2,8-3,05
polystyrène	4,90	2,55
polyéthylène	4,90	2,3
polycarbonate	4,80	2,6-3,0
poly(méthacrylate de méthyle)	4,68	2,6-3,7
polyamide 6,6	4,3	4

Processus de charge - schéma équivalent



- triboélectrique: $I_{tr} \approx 100\ \mu A$

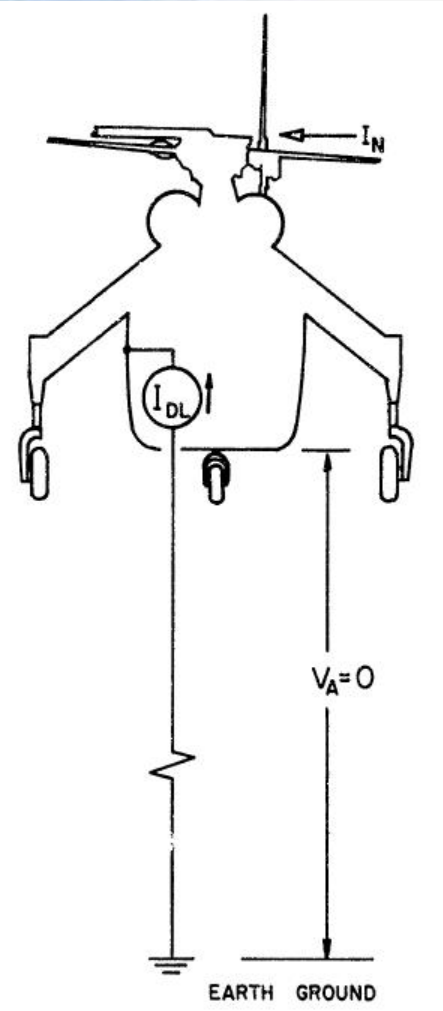
- moteur: $I_{mot} \approx 10\ \mu A$

- corona: $I_{cor} \sim k\ U^2$

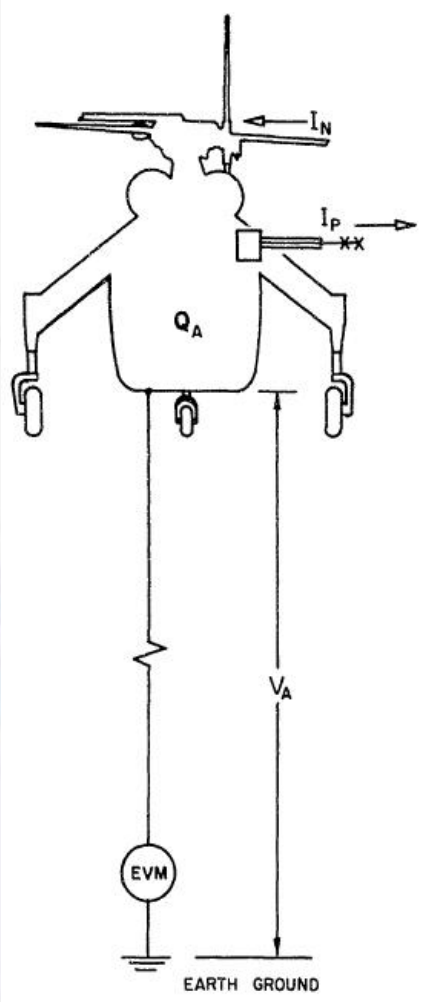
Equilibre lorsque: $I_c = 0$ donc $I_{tr} + I_{mot} = I_{cor}$

Mesure d'un cas réel

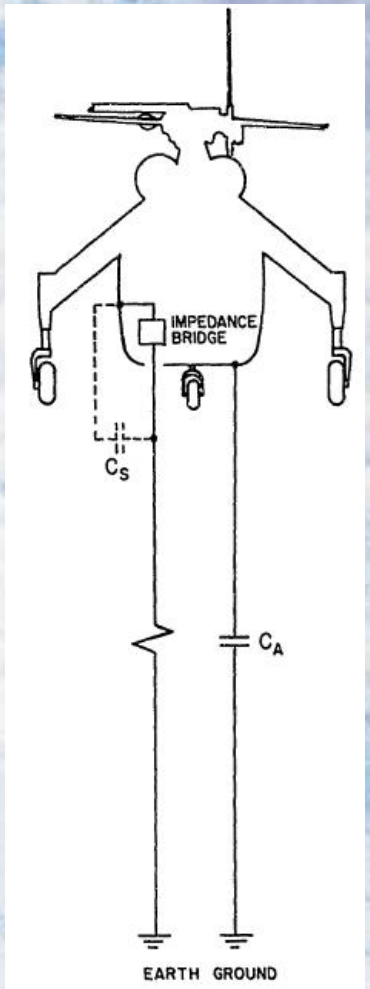
Mesures sur un Sikorsky CH-54A (1970):



courant



tension



capacité

Quelques chiffres

Basé sur des mesures des Sikorsky CH-53E et CH-54A (1970 et 1985):

- Courant de charge: 100 - 300 µA
- Capacité hélicoptère: ~ 500 pF
- Tension maximum: 100 - 400 kV

CH-53 Super Stallion

Ceci donne (pour 300 kV):

- Charge: 0.15 mC
- Energie: 22.5 J
- Courant de décharge: ~ 2 kA
- Période onde amortie: ~ 1 µs

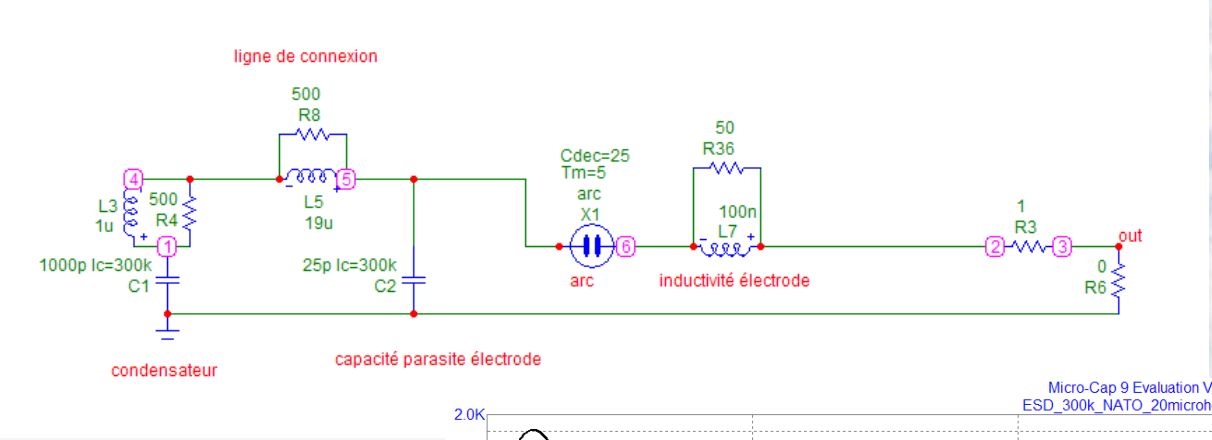
Quelques chiffres

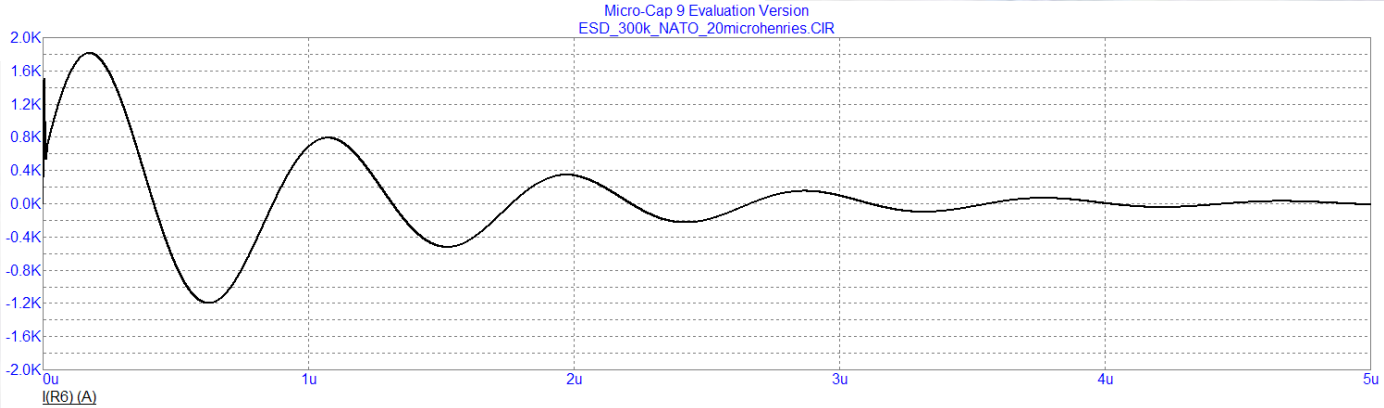
Mesures sur un Sikorsky CH-54A (1970):

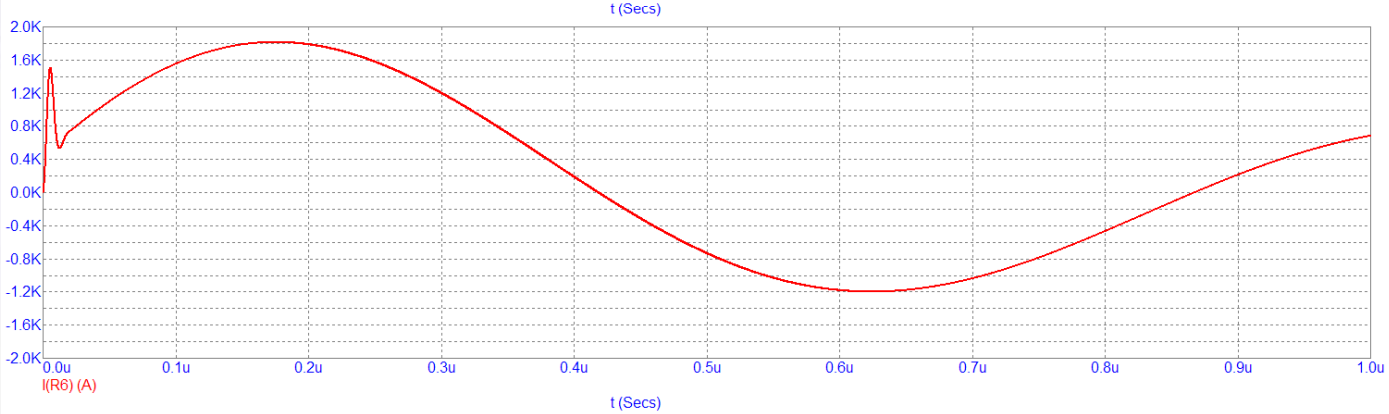
Altitude (m)	Capacité (pF)	Tension (kV)	Energie (J)	Charge (µC)
0	2'660	29	1.1	78
3	370	211	8.2	78
9	300	260	10.1	78
12	260	300	11.7	78

$C \sim 1/d$ $\quad E = 0.5\ C\ U^2$ $\quad Q = C\ U$

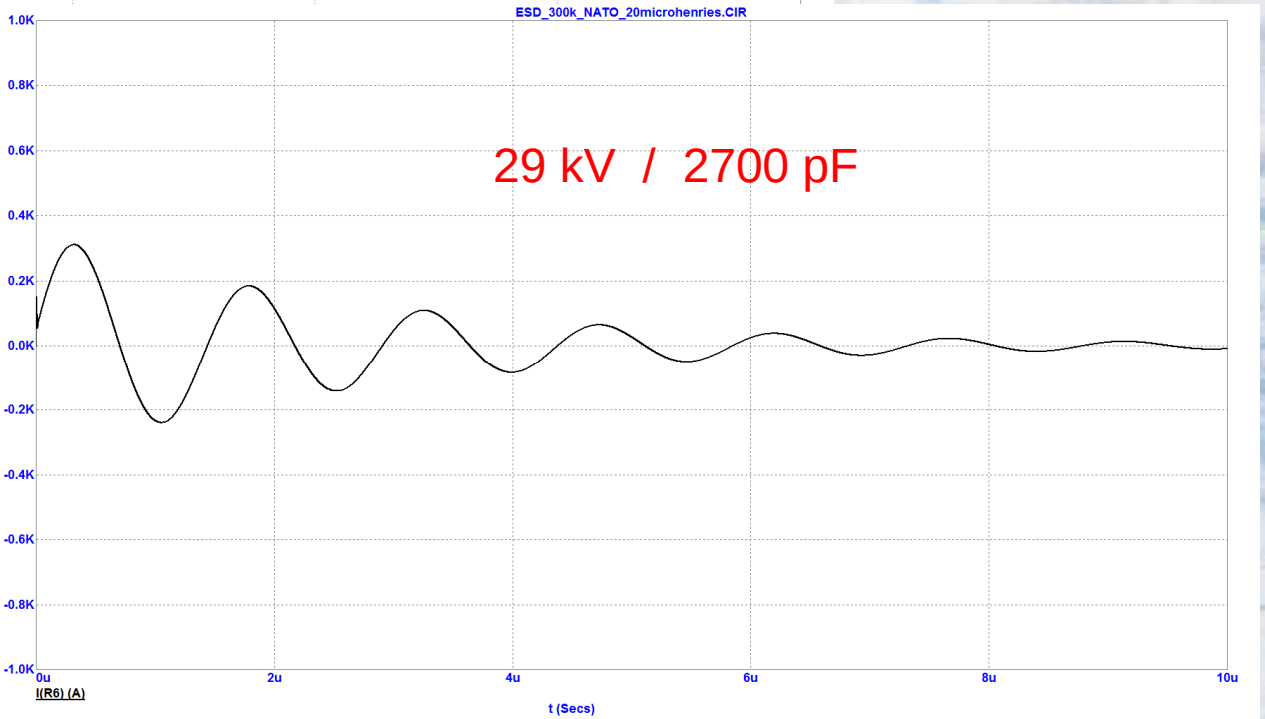
Processus de décharge







Processus de décharge



Conditions

Conditions favorables pour la charge:

- air sec
- beaucoup de particules
- peu de pointes (peu d'effet couronne).

Décharge importantes:

- résistance de décharge faible
- sol conducteur
- présence d'une élingue.

Exemples

Exemples

Exemples

Exemples de perturbations possibles

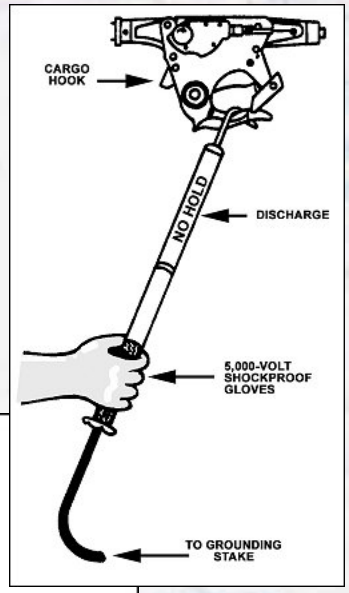
- Perturbation de l'électronique de bord
- Perturbation de l'électronique au sol (bateaux)
- Destruction de l'électronique (treuil, …)
- Incendie
- Départ d'explosifs, missiles, etc.
- Choc pour le personnel
- Perforations de panneaux
- etc.

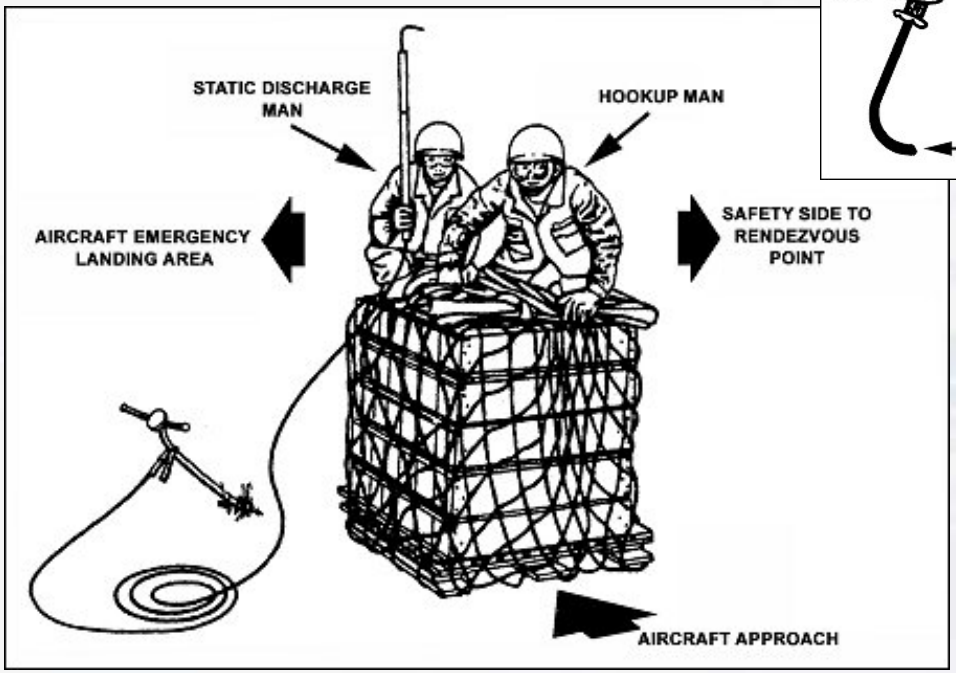
Sécurité des personnes

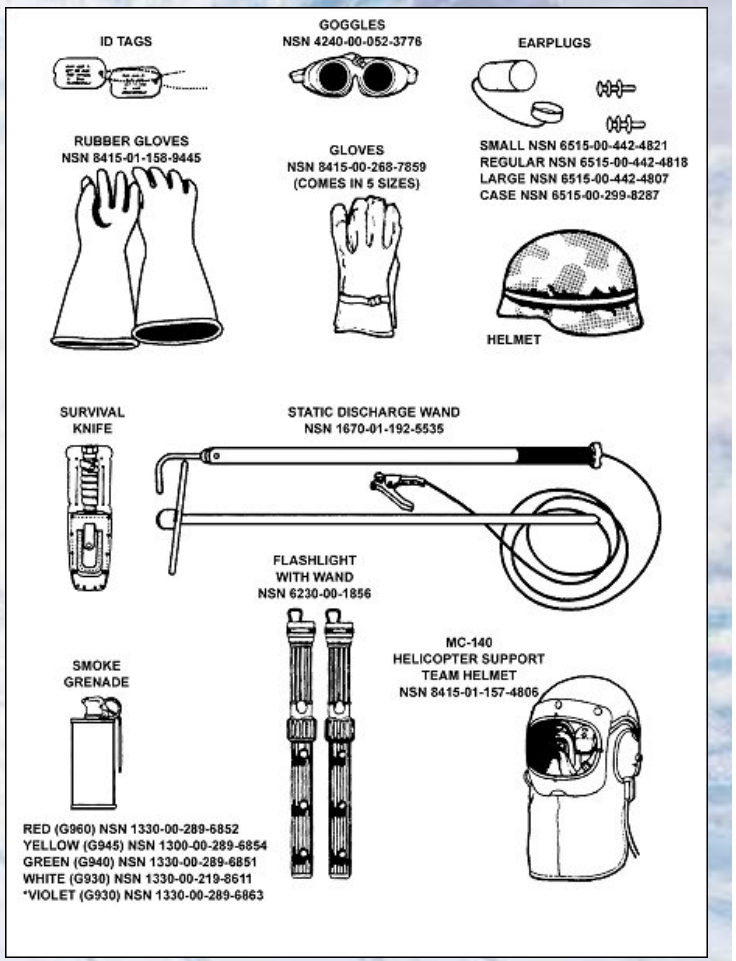
Energie:

- seuil sensibilité: 5 mJ
- inflammation kérozène: ~ 0.7 mJ
- choc sévère: 100 mJ
- léthal: 1 J
- charge hélico. → 20 - 30 J

Sécurité des personnes



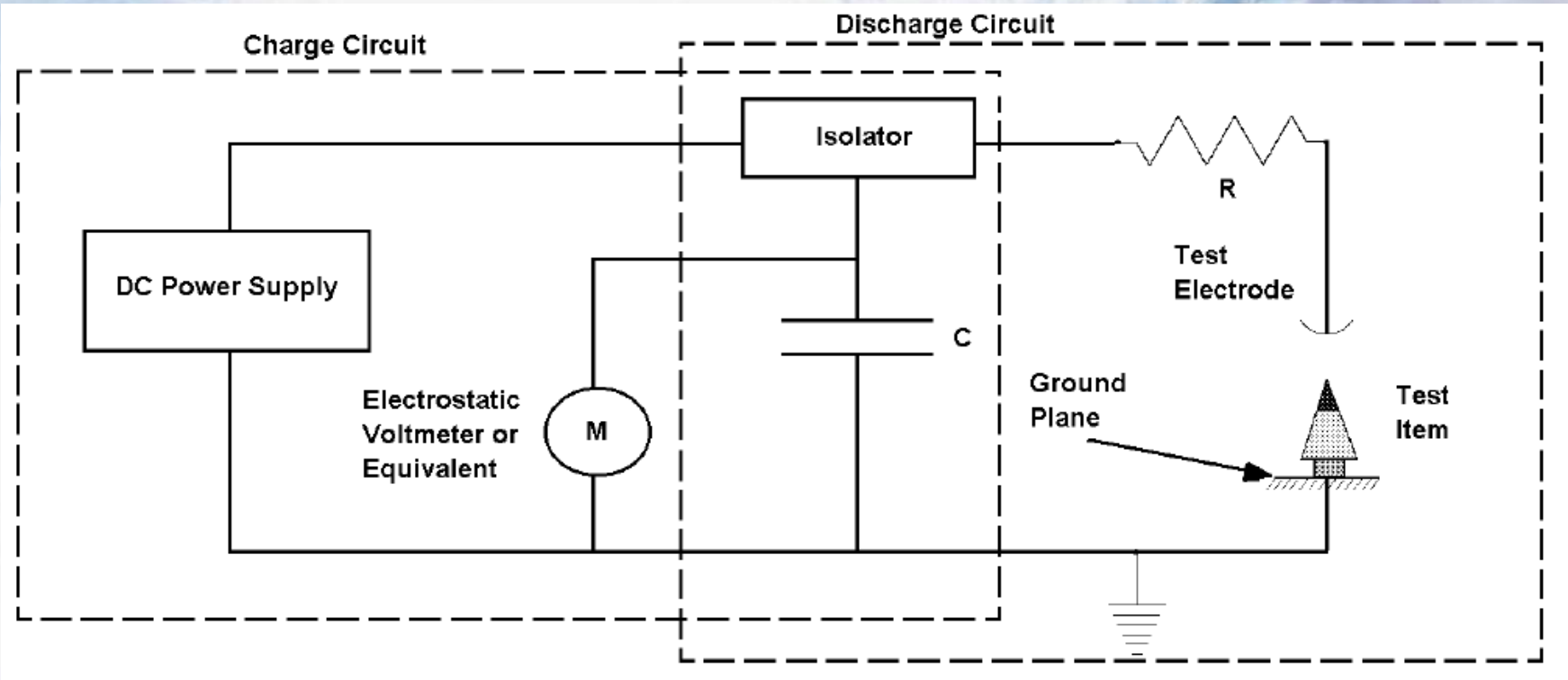




Normalisation (ESD hélicoptères et personnel)

- OTAN Stanag 4235 (conditions environnementales)
- OTAN Stanag 4239 (tests)
- MIL-STD-331C (tests)
- MIL-STD-464A (environnement)
- OTAN AECTP-250 (environnement)
- OTAN AECTP-500 (tests)
- Grande-Bretagne: Defence standard 59-411 Part 2 (environnement)
- SAE ARP 5672 - 2009
- FAR (Federal Aviation Regulation)
- Agence Européenne de la Sécurité Aérienne (EASA)

MIL-STD-331C



Banc de test (pour le personnel et pour les hélicoptères)

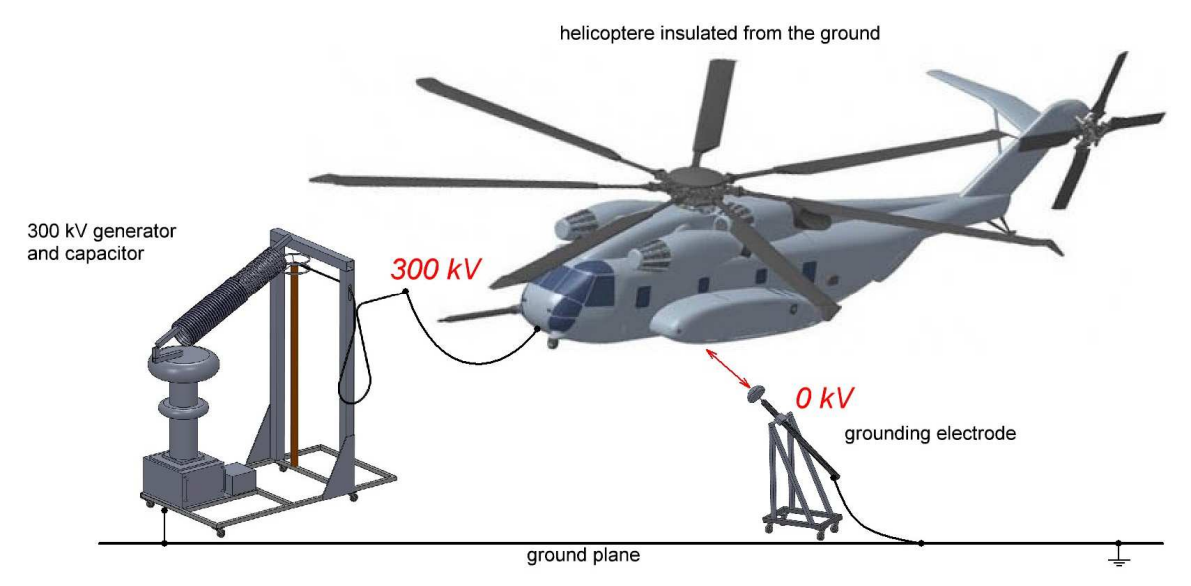
MIL-STD-331C

Discharge Procedure	Voltage on C (kilovolts)	Capacitor C (picofarads)	Resistance R (ohms)	Discharge Inductance (microhenries)
Personnel	+25±5%	500±5%	5000±5%	< 5
Personnel	-25±5%	500±5%	5000±5%	< 5
Personnel	+25±5%	500±5%	500±5%	< 5
Personnel	-25±5%	500±5%	500±5%	< 5
Helicopter	+300±5%	1000±10%	1 max *	< 20
Helicopter	-300±5%	1000±10%	1 max *	< 20

Paramètres de test

Banc de test 1

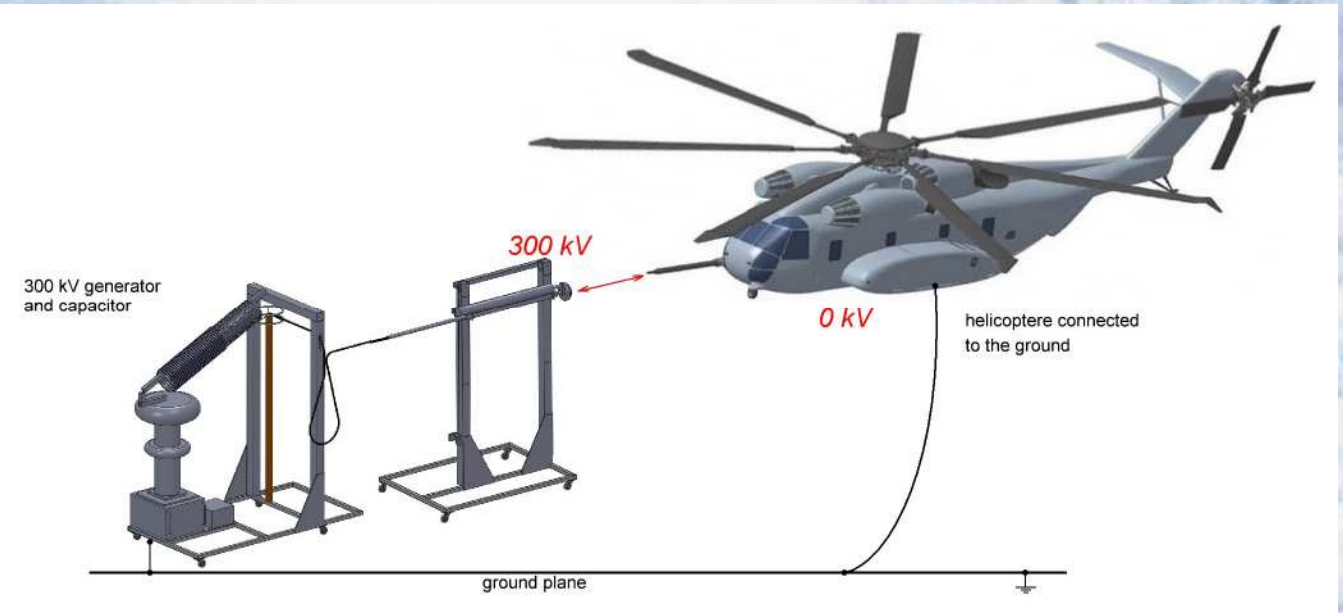
Hélicoptère isolé du sol / électrode mise à la terre (Stanag 4239)



- La capacité du banc de test est supérieure à la réalité ($C_{tot} = C_{helico} + C_{géné}$).
- L'hélicoptère est difficile à charger à cause des fuites par effet couronne (corona); → la source DC a de la peine à compenser ces effets couronne.

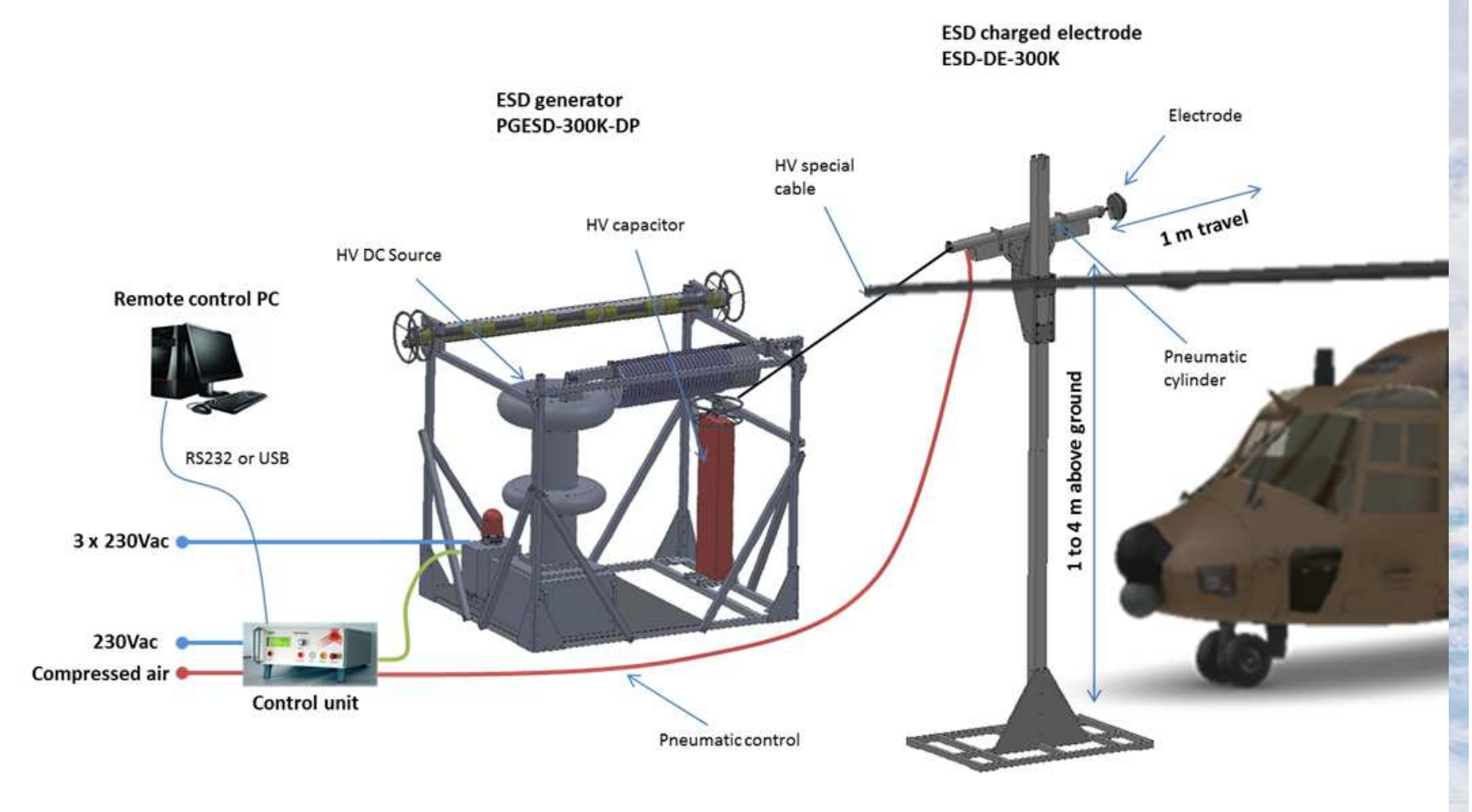
Banc de test 2

Hélicoptère mis à la terre / électrode au potentiel (MIL-STD-331C)

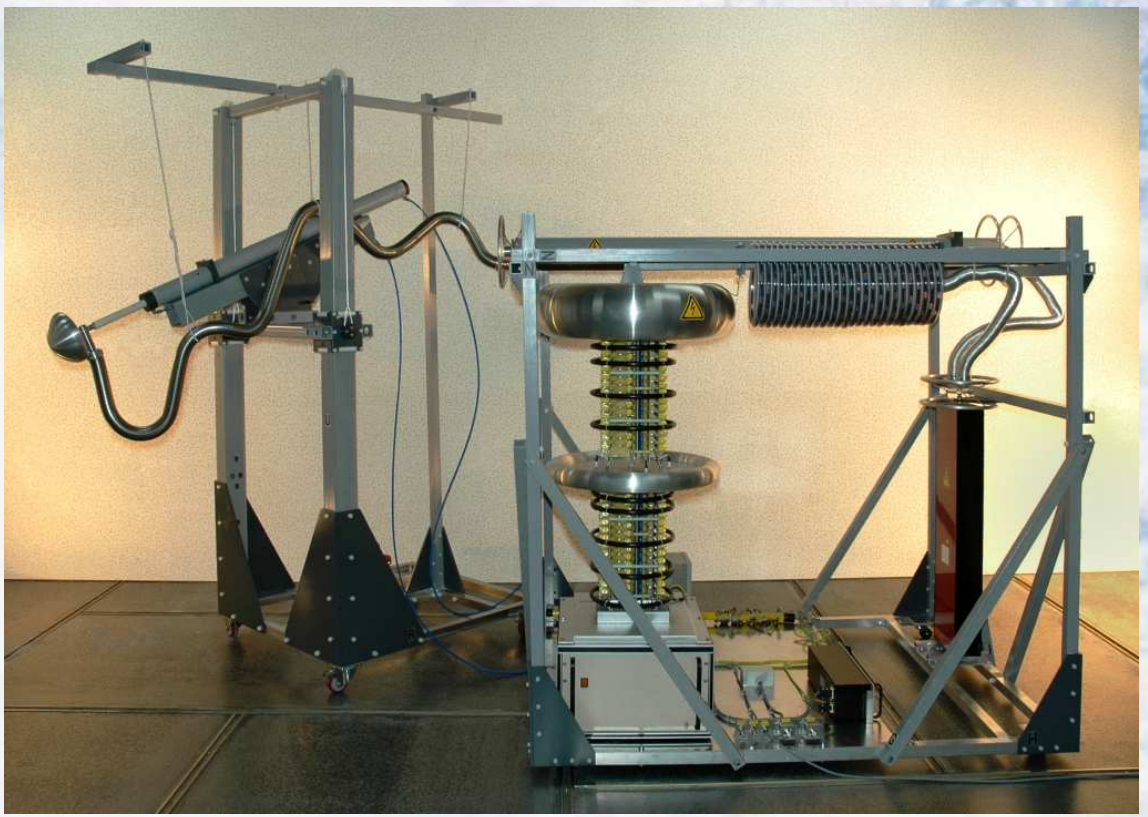


- La capacité est fixée par la norme et peut être différente de celle de l'objet testé.
- Capacité toujours la même.
- Pas d'effet couronne produit par l'objet testé. Test plus facile que celui réalisé avec l'hélicoptère relié au potentiel de 300 kV.

Exemple de système de test de Montena



Exemple de système de test de Montena



- Mode ESD 300kV
- Mode P-static
- Résistance 500 ohm optionelle
- Compact
- Châssis porte-électrode séparé

Exemple sur site

Finish Defence Forces Technical Research Centre, Tampere (Finlande)

Test ESD sur un obus porté par les soldats

Précipitation ESD (P-Static)

montena technology
Route de Montena 89 ▪ 1728 Rossens ▪ Switzerland ▪ Phone +41 26 411 84 84 ▪ Fax +41 26 411 17 79
products@montena.com ▪ www.montena.com

montena

P-Static

- L'appareil en mouvement rencontre de la poussière, de la neige, de la pluie et peut se charger
- Peut provoquer des perforations du matériel diélectrique
- Perturbe la réception de signaux radio
- Peut provoquer des chocs électriques du personnel après l'atterrissage.

P-Static

La charge totale dépend de:

- conditions atmosphériques
- surface frontale de l'appareil
- vitesse de l'aéronef.

$$I_t = I_c \times S_a \times V / 600$$

Exemple avec:

- I_c = 300 µA/m^2
- surface: 1 m^2
- vitesse: 300 km/h (= 162 noeuds)

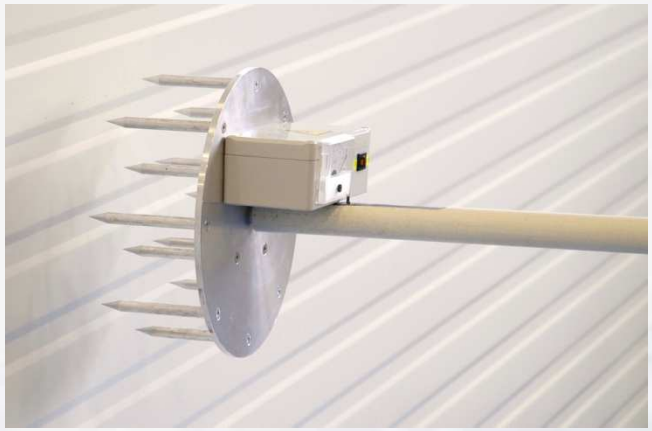
Cela donne I_c = 81 µA

P-static - Normalisation

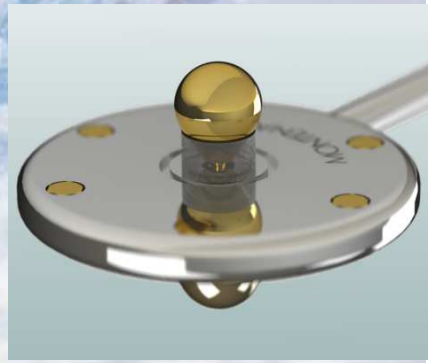
- MIL-STD-464A (conditions environnementales)
- AECTP-250 (conditions environnementales)
- SAE ARP 5672 - 2009
- FAR (Federal Aviation Regulation)
- Agence Européenne de la Sécurité Aérienne (EASA)

P-Static

- Exemple d'équipement de test (Montena)



Conclusion



- Merci de votre attention !

www.montena.com